

**Hochschule für öffentliche  
Verwaltung und Finanzen  
Ludwigsburg**

University of Applied Sciences

**Bürgerbeschwerden über Lärm, verursacht durch  
Jugendliche und junge Erwachsene**

**- Problemdarstellung, Lösungsmöglichkeiten und Prävention  
mit Beispielen aus Waiblingen und Umgebung**

**Bachelorarbeit**

zur Erlangung des Grades einer  
Bachelor of Arts (B.A.)  
im Studiengang gehobener Verwaltungsdienst – Public Management

vorgelegt von

Sonja Schimonowitsch  
Beinsteiner Straße 20/1  
71384 Weinstadt

Studienjahr 2010/2011

Erstgutachter: Prof. Thomas Schad  
Zweitgutachter: Diplom-Verwaltungswirt (FH) Silke Grimminger-Wenz

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>II</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>IV</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>VI</b>
<b>Anlagenverzeichnis.....</b>	<b>VII</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Was ist Lärm? .....</b>	<b>3</b>
2.1 Objektive Kriterien.....	3
2.1.1 Schall.....	4
2.1.2 Ton, Klang, Geräusch.....	9
2.2 Subjektive Kriterien, subjektives Empfinden der Belästigung.....	10
<b>3 Folgen von Lärm.....</b>	<b>14</b>
3.1 Gesundheitliche Folgen von Lärm.....	15
3.2 Werteverlust von Immobilien .....	17
<b>4 Normative Festlegungen von Lärm.....</b>	<b>21</b>
4.1 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) .....	22
4.2 TA Lärm .....	24
4.3 Freizeitlärm-Richtlinie.....	26
4.4 DIN Normen .....	27
4.5 VDI Richtlinie.....	28
<b>5 Beschwerden .....</b>	<b>28</b>
<b>6 Brennpunkte .....</b>	<b>30</b>
6.1 Beispiele im Betrachtungsgebiet.....	31
6.1.1 Korb Seeplatz .....	31



6.1.2	Endersbach Bahnhof, JuCa.....	32
6.1.3	Waiblingen, Weingärtner Vorstadt .....	33
6.2	Brennpunktbildung .....	33
6.3	Gemeinsamkeiten .....	34
<b>7</b>	<b>Lösungsmöglichkeiten.....</b>	<b>36</b>
7.1	Rechtliche Eingriffsgrundlagen.....	36
7.1.1	Vorgehen als Privatperson § 906 BGB .....	36
7.1.2	Vorgehen als Privatperson § 823 BGB .....	37
7.1.3	Anspruch aus Ordnungswidrigkeit § 117 OWiG .....	38
7.1.4	Polizeiverordnungen .....	39
7.1.5	Benutzungsordnungen.....	40
7.2	Einsatz privater Sicherheitsfirmen .....	41
7.3	Alternativen schaffen.....	42
7.3.1	„Ausweichplätze“ .....	43
7.3.2	Jugendhäuser .....	44
<b>8</b>	<b>Prävention.....</b>	<b>47</b>
8.1	Stadtplanung .....	47
8.2	Einbeziehen der Betroffenen und Störer .....	48
8.3	Zusammenarbeit mit der Polizei .....	50
<b>9</b>	<b>Resümee .....</b>	<b>51</b>
<b>10</b>	<b>Arbeitshilfe.....</b>	<b>54</b>
<b>11</b>	<b>Anlagen .....</b>	<b>60</b>
<b>12</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>62</b>
<b>13</b>	<b>Erklärung.....</b>	<b>66</b>

## Abkürzungsverzeichnis

Art.	Artikel
B	Bel
BauGB	Baugesetzbuch
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BDG	Bundesverbands Deutscher Gartenfreunde e.V.
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundes-Immissionschutzverordnung
BinSchAufgG	Binnenschiffahrtsaufgabengesetz
BVerfG	Bundesverfassungsgericht
BVerwG	Bundesverwaltungsgericht
BVerwGE	Entscheidungen des Bundesverwaltungsgerichts
dB(A)	Dezibel; Einheit für Schallpegel bewertet mit Kurve A
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
DIN EN	Deutsche Übernahme einer Europäischen Norm (EN)
EN	Europäische Norm
FZUR	Forschungszentrum für deutsches und internationales Umweltrecht
GemO	Gemeindeordnung
GG	Grundgesetz
GMBI	Gemeinsames Ministerialblatt
HVF	Hochschule für Verwaltung und Finanzen
Hz	Hertz
i.R.	Im Remstal
ISO	International Organization for Standardization (internationale Normierungsorganisation)
JuCa	Jugendcafe
L	Schallpegel allgemein
L <sub>r</sub>	Beurteilungspegel
L <sub>Aeq</sub>	Mittelungspegel (Dauerschallpegel)

L <sub>N</sub>	Lautstärkepegel
L <sub>p</sub>	Schalldruckpegel
LuftVG	Luftverkehrsgesetz
LuftVO	Luftverkehrsordnung
LuftVZO	Luftverkehrs-Zulassungs-Ordnung
m/s	Meter pro Sekunde
ms	Millisekunde
MbLschV	Magnetschwebebahn-Lärmschutzverordnung
OHG	offene Handelsgesellschaft
OWiG	Gesetz über Ordnungswidrigkeiten
Pa	Pascal
PD	Polizeidirektion
PolG	Polizeigesetz
PolVO	Polizeiverordnung
Rewe <sup>®</sup>	Firmenname
RLS-90	Richtlinie für den Lärmschutz an Straßen
SGB	Sozialgesetzbuch
SMV	Schülermitverwaltung
StVG	Straßenverkehrsgesetz
StVO	Straßenverkehrs-Ordnung
StVZO	Straßenverkehrs-Zulassungs-Verordnung
TA Lärm	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
vs.	versus
ZOB	Zentraler Omnibus Bahnhof

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Schalldruckpegel verschiedener Geräusche.....	6
Abbildung 2.2: Schalldruckpegel $L_p$ vs. Lautstärkepegel $L_N$ .....	8
Abbildung 2.3: Häufigkeit durchgeführter Aktivitäten .....	13
Abbildung 3.1: Bodenwertminderung .....	20

## Anlagenverzeichnis

A 1	Mach dich schlau vor dem Radau.....	60
A 2	TA Lärm (zitiert: (Umweltbundesamt 1998) .....	60
A 3	Umweltbedingte Lärmwirkungen.....	60
A 4	Lärmwirkungen – Dosis-Wirkungsrelationen .....	60
A 5	Lärmbelästigung in Baden-Württemberg .....	60
A 6	Arzneimittelverbrauch als Indikator.....	60
A 7	Epidemiologische Untersuchung. ....	60
A 8	Economic Valuation of Noise .....	60
A 9	Grundzüge des Immissionsschutzrechts .....	60
A 10	Erfolg durch Normierung.....	60
A 11	Nachbarschaftslärm.....	60
A 12	An wen kann ich mich wenden? .....	60
A 13	Einfluss von Verkehrslärm auf den Bodenwert .....	61
A 14	Beschwerdebrief 1 .....	61
A 15	Beschwerdebrief 2 .....	61
A 16	Jugendarbeits-Leasing in Korb .....	61
A 17	Polzeiverordnung Waiblingen .....	61
A 18	Polzeiverordnung Reutlingen .....	61

# 1 Einleitung

„Lärm ist immer das, was von den anderen kommt, und das nervt zumeist. Man selbst hingegen verursacht höchstens mal Geräusche, die eben unausweichlich sind“.

So kurz und passend formuliert ist die Definition von Lärm selbst in einem Faltblatt des Bundesverbands Deutscher Gartenfreunde e.V. (BDG)<sup>1</sup> zu finden. Hier zeigt sich schon, dass die subjektive Komponente beim Thema Lärm, selbst in einer so homogenen Gruppe wie den Gartenfreunden, ein Problem darstellt. Und so ist es nicht verwunderlich, dass es in einer Gemeinde zu Beschwerden wegen Lärm kommt.

Die Bearbeitung von Bürgerbeschwerden ist in der Verwaltung ein Teil der täglichen Arbeit und dennoch jedes Mal wieder eine Herausforderung. Normalerweise kann für die Bearbeitung auf Anweisungen oder Vorschriften zurückgegriffen werden. Beim Thema Lärm trifft dies vor allem auf die Fälle zu, die durch Straßen-, Eisenbahn-, Flug- oder Gewerbelärm verursacht werden. Geht der Lärm hingegen von Jugendlichen oder jungen Erwachsenen aus, die sich auf öffentlichen Plätzen aufhalten, so wird es schwierig, die passenden Rechtsgrundlagen zu finden.

Der Begriff der Jugendlichen in dieser Arbeit orientiert sich an der Definition des § 7 Abs. I Nr. 2 SGB VIII: „Jugendlicher ist, wer 14, aber noch nicht 18 Jahre alt ist“.

Für den Begriff „junge Erwachsene“ wird der Begriff der jungen Menschen des § 7 Abs. I Nr. 3 SGB VIII herangezogen. Diese Arbeit betrachtet somit den Lärm, der von Menschen zwischen 14 und 27 Jahren verursacht wird.

---

<sup>1</sup> (Bundesverband), Anlage A 1.

Nicht die Beschwerde über Lärm ist das Problem, sondern der Lärm selbst. Daher lenkt diese Bachelorarbeit den Blick besonders auf die Problematik, die durch lärmende Jugendliche und junge Erwachsene entsteht, zeigt Möglichkeiten für Lösungen auf und ergänzt durch Vorschläge zur Prävention. Auch wurde als Arbeitshilfe ein Ablaufdiagramm erstellt, anhand dessen die tägliche Bearbeitung von Lärmbeschwerden leichter fallen soll.

Im folgenden Kapitel 2 wird der Begriff Lärm erläutert. Dazu wird der Unterschied zwischen Schall und Lärm näher beleuchtet und kurz auf weitere Begriffe der Akustik eingegangen.

Kapitel 3 zeigt die Folgen von Lärm auf. Umfangreiche Studien des Umweltbundesamtes belegen, dass Lärm gesundheitliche Auswirkungen auf den Menschen hat. Aber auch finanzielle Folgen sind festzustellen.

In Kapitel 4 werden die normativen Festlegungen von Lärm näher untersucht, um aufzuzeigen, wo relevante Aussagen zu Lärm getroffen werden. Die aufgeführten Fundstellen beschränken sich im wesentlichen auf die, für eine Bearbeitung von den in dieser Arbeit betrachteten Beschwerden wegen Lärm, unter Umständen anwendbaren Anweisungen, Richtlinien und Gesetze.

Kapitel 5 befasst sich mit der Beschwerde an sich: wie die Beschwerden zur Verwaltung gelangen, was damit gemacht wird und was unter Umständen noch (anderes) dahinterstecken kann.

Kapitel 6 nennt Beispiele aus dem Bereich Waiblingen und Umgebung. Es werden Ursachen und Gemeinsamkeiten dieser Brennpunkte untersucht.

Lösungsmöglichkeiten für die Lärmproblematik werden in Kapitel 7 näher betrachtet. Es wird sowohl auf die rechtlichen Möglichkeiten eingegangen als auch Alternativlösungen aufgezeigt.

Kapitel 8 befasst sich mit präventiven Maßnahmen. Insbesondere mit der Frage, wie auf Lärm bezogene Konfliktsituationen in Zukunft vermieden werden können.

Kapitel 9 zieht Bilanz und leitet über zur Arbeitshilfe für die Beschwerdebearbeitung, welche als Kapitel 10 diese Arbeit abschließt.

Die Anlagen zu dieser Bachelorarbeit befinden sich im entsprechenden Ordner auf der beigefügten CD.

## 2 Was ist Lärm?

Um das Thema Lärm genauer untersuchen zu können, stellt sich zuallererst die Frage, was Lärm überhaupt ist. In der gültigen DIN Norm<sup>2</sup> wird der Begriff wie folgt definiert: „Lärm ist unerwünschter Hörschall; Hörschall, der zu Störungen, Belästigungen, Beeinträchtigungen oder Schäden führen kann.“ Im Folgenden werden nun akustische Grundbegriffe erläutert.

### 2.1 Objektive Kriterien

Objektive Kriterien sind physikalische, also messbare Größen. Schall ist, im Gegensatz zu Lärm eine messbare Größe und kann damit objektiv bewertet werden.

Die für eine Bewertung nötigen Vorgaben liefert die TA Lärm<sup>3</sup> als Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz. Neben Immissionsrichtwerten und Begriffsdefinitionen werden z.B. in Punkt A.3.2. der TA Lärm die Anforderungen an Messgeräte definiert und die hierfür maßgeblichen DIN Vorschriften genannt. Weitere Vorgaben zu Genauigkeit, Messverfahren oder Messorten stellen die Vergleichbarkeit der Messungen sicher, so dass bei gleichen Verhältnissen auch gleiche Ergebnisse erzielt werden.

---

<sup>2</sup> (DIN 1320), S. 5.

<sup>3</sup> (Umweltbundesamt 1998) Anlage A 2.



Nachdem sich die Begriffsdefinitionen in § 3 BImSchG auf schädliche Umwelteinwirkungen allgemein beziehen und dementsprechend umfangreich ausfallen, werden in dieser Betrachtung die Definitionen der DIN 1320 bevorzugt. Unter Schallemission wird das Aussenden von Schall verstanden; Emissionsschall ist der von einer Quelle abgestrahlte Schall. Schallimmission hingegen ist das Einwirken von Schall auf ein Gebiet oder einen Punkt des bestrahlten Gebiets. Immissionsschall ist somit der auf ein Gebiet oder einen Punkt einwirkende Schall. Das Immissionsschutzrecht benennt den Immissionsschall häufig verkürzt als „Immission“ und den Emissionsschall als „Emission“.<sup>4</sup>

### 2.1.1 Schall

Die DIN 1320 definiert Schall als „elastodynamische Schwingungen und Wellen“ und merkt dazu an, dass Schall feste, flüssige, gasförmige oder plasmaförmige Materie voraussetzt.<sup>5</sup> Kleinste Teilchen, beispielsweise Luftmoleküle, werden in Bewegung versetzt und regen in einer Art Kettenreaktion benachbarte Teilchen, zeitlich verzögert, ebenfalls zu Bewegungen an. Diese Schwingungen sind an ein elastisches Medium gebunden, ohne welches sie sich nicht fortpflanzen können. Übliche Medien der Schallausbreitung sind Gase (Luftschall), Flüssigkeiten (Flüssigkeitsschall) aber auch Feststoffe (Körperschall).

Für die Betrachtungen dieser Bachelorarbeit ist lediglich der Schall, der durch die Luft übertragen wird, entscheidend. Der Schall breitet sich in Form von Wellen aus, die sich mit einer Geschwindigkeit von etwa 344 m/s bei 20°C in der Luft kugelförmig von der Schallquelle wegbewegen.

Der Mensch nimmt den Schall aus der Luft überwiegend mit den Ohren wahr. Dabei deckt ein „normales“ Ohr einen Frequenzbereich zwischen

---

<sup>4</sup> (DIN 1320), S. 6.

<sup>5</sup> (DIN 1320), S. 4.

16 und 16.000 Hz<sup>6</sup> ab, also einen Bereich über etwa 10 Oktaven.<sup>7</sup> Die Frequenz bestimmt die Tonhöhe des Schalls und beschreibt die Anzahl der Schwingungen eines (Luft-)Teilchens pro Sekunde.

Nachdem das menschliche Ohr auch einen sehr großen Schalldruckbereich unterscheiden kann, wird für eine bessere Handhabung der Zahlenwerte ein logarithmischer Maßstab verwendet. Die Hörschwelle des menschlichen Ohrs liegt bei einem Schalldruckwert von 20  $\mu\text{Pa}$ <sup>8</sup>. Dies entspricht einem Schalldruckpegel von 0 dB<sup>9</sup>, die Schmerzschwelle liegt bei 20.000.000  $\mu\text{Pa}$ , was einem Pegel von 120 dB entspricht.<sup>10</sup>

---

<sup>6</sup> Frequenzen werden mit der Einheit Hertz (Hz) gemessen.

<sup>7</sup> (Kloepfer), S. 173.

<sup>8</sup> Druck wird mit der Einheit Pascal (Pa) gemessen; 20  $\mu\text{Pa}$  entsprechen 0.00002 Pa; die Hörschwelle von 20  $\mu\text{Pa}$  dient als Bezugswert für den Schalldruckpegel.

<sup>9</sup> Das Bel (B) ist eine Hilfsmaßeinheit zur Kennzeichnung von Pegeln;

1 dB entspricht 0,1 B.

<sup>10</sup> (Willems), S. 217.

Geräuschquelle	Schallpegel	Schalldruck
Düsentriebwerk ( unmittelbare Nähe )	130 dB(A)	100 Pa
<b>Schmerzschwelle</b>	120 dB(A)	
		10 Pa
Preßlufthammer	110 dB(A)	
Winkelschleifer, Rockkonzert	100 dB(A)	
Webmaschinen	90 dB(A)	1 Pa
Bohrmaschine, Diskothek	80 dB(A)	
Fahrradklingel ( 1 m Abstand )	70 dB(A)	100 mPa
Staubsauger	60 dB(A)	
Hauptverkehrsstraße (Straßenrand)	50 dB(A)	10 mPa
Gespräch, Fernseher ( Zimmer- lautstärke )	40 dB(A)	
Waschmaschine, Geschirrspüler	30 dB(A)	1 mPa
Klimaanlage	20 dB(A)	
Flüstersprache	10 dB(A)	100 µPa
mech. Wecker ( 1 m Abstand )	0 dB(A)	
Tonstudio		10 µPa
<b>Hörschwelle</b>		

Abbildung 2.1: Schalldruckpegel verschiedener Geräusche  
Quelle: Maue, S. 61.

Was geschieht nun, wenn der Schall von mehreren Quellen, z.B. Fahrzeugen oder Maschinen auf das Ohr trifft? Werden zum Beispiel zwei gleiche Maschinen (Schallquellen) in einer Werkhalle betrieben, so erhöht sich der Pegel um 3 dB. Beim Betrieb von vier gleichen Schallquellen beträgt die Erhöhung 6 dB, bei zehn sind es 10 dB.<sup>11</sup> Subjektiv empfinden

<sup>11</sup> (Maue), S. 73.

wir aber erst diese Pegelzunahme um 10 dB als eine Verdopplung der empfundenen Lautstärke.<sup>12</sup>

Bei unterschiedlich starken Pegeln dominiert der höhere Pegel. Wird neben einer Maschine mit 90 dB eine weitere mit 80 dB eingeschaltet, so führt das zu einem Gesamtpegel von 90,41 dB.<sup>13</sup>

Das menschliche Lautstärkeempfinden ist sehr subjektiv, da wir tiefe Frequenzen bei gleichem Schalldruckpegel erheblich leiser empfinden als höhere. Die folgende Abbildung zeigt deutlich die Differenz zwischen gemessenem Schalldruckpegel  $L_P$  und dem empfundenen Lautstärkepegel  $L_N$  (gemessen in Phon). Lediglich bei einer Frequenz von 1.000 Hz besteht eine Übereinstimmung von  $L_P$  und  $L_N$ .<sup>14</sup>

Dargestellt sind also „Kurven gleicher Lautstärkepegel“, sog. Isophone, die durch Testreihen mit normalhörenden Personen im Alter von 18 bis 25 Jahren ermittelt wurden. Die Stufung in 10 dB Schritten führt zu einer subjektiven Verdopplung bzw. Halbierung der empfundenen Lautstärke.<sup>15</sup>

---

<sup>12</sup> (Kloepfer), S. 176.

<sup>13</sup> Anleitung zum Rechnen mit Pegelwerten siehe (Maue), S. 66-76.

<sup>14</sup> (Willems), S. 221.

<sup>15</sup> (Maue), S. 91f.

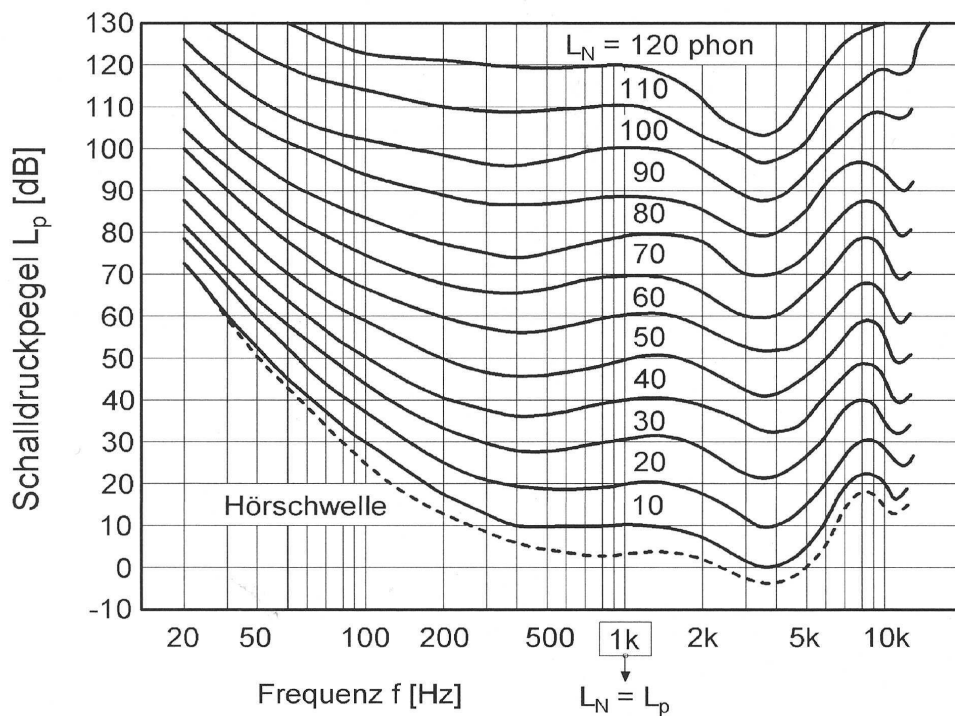


Abbildung 2.2: Schalldruckpegel  $L_p$  vs. Lautstärkepegel  $L_N$   
 Quelle: Willems, S. 221.

Um dieses subjektive Empfinden bei unterschiedlichen Frequenzen zu kompensieren, werden die messtechnisch ermittelten Schalldruckpegel durch sogenannte Schallpegelkorrekturwerte  $\Delta L$  angepasst. Dadurch wird erreicht, dass ein Geräusch bei einer Schallmessung objektiv ermittelt und mit einem Kennwert erfasst wird, der der Wirkung auf den Menschen möglichst nahe kommt. Die DIN Norm EN 61672-1<sup>16</sup>, die die bisherige DIN EN 60651<sup>17</sup> ersetzt, unterscheidet hier drei unterschiedliche Korrekturkurven, die je nach Höhe des Schallpegels gewählt werden. Welche Kurve verwendet wurde, wird in der Einheit dB(A), dB(B) oder dB(C) angegeben.<sup>18</sup>

Verordnungen und Gesetze orientieren sich für die Beurteilung von Geräuschen an der A-Korrekturkurve (dB(A)). Sie ist von der 30 Phon<sup>19</sup>-

<sup>16</sup> (DIN EN 61672-1).

<sup>17</sup> (DIN EN 60651).

<sup>18</sup> (Maue), S. 107.

<sup>19</sup> Phon ist das Maß für den empfundenen Lautstärkepegel, bei der ein 1.000 Hz Sinuston mit x dB so laut eingestellt wird, bis er ebenso laut wie das zu messende Geräusch empfunden wird. Der empfundene Lautstärkepegel beträgt dann x Phon.

Linie abgeleitet (siehe Abbildung 2.2) was bei Geräuschpegeln über 30 dB zu einer Unterbewertung der tiefen Frequenzen führt. Dies bleibt aber in der Rechtsprechung unberücksichtigt.<sup>20</sup>

Die Immissionsrichtwerte in der TA Lärm beziehen sich immer auf den Beurteilungspegel  $L_r$ . „Der Beurteilungspegel  $L_r$  ist der aus dem Mittelungspegel  $L_{Aeq}$  des zu beurteilenden Geräusches und gegebenenfalls aus Zuschlägen gemäß dem Anhang für Ton- und Informationshaltigkeit, Impulshaltigkeit und für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit gebildete Wert zur Kennzeichnung der mittleren Geräuschbelastung während jeder Beurteilungszeit.“<sup>21</sup>

Mit Ausnahme von Messungen nach dem Fluglärmsgesetz sind in Deutschland die Kennwerte für den Mittelungspegel und den Dauerschallpegel identisch definiert.<sup>22</sup>

Der Mittelungspegel  $L_{Aeq}$ , gemessen in dB(A), ist der zeitliche Mittelwert des Schalldruckpegels. Entsprechend der TA Lärm wird er mit der Korrekturkurve A und der Zeitbewertung „Fast“ mit Hilfe von Schallpegelmessern erfasst. „Fast“ bedeutet hier, dass der Schalldruckpegel in Zeitschritten von 125 ms<sup>23</sup> gemessen wird.<sup>24</sup>

### 2.1.2 Ton, Klang, Geräusch

Auch bei diesen Begriffen handelt es sich um messbaren Schall.

Töne oder Einzeltöne sind sinusförmige Schallwellen die in ihrem Spektrum nur eine einzelne Frequenz aufweisen. Reine Töne kommen in der Natur jedoch kaum vor.

Ein Klang setzt sich aus mehreren Einzeltönen zusammen, die miteinander harmonieren. Eine Grundfrequenz bzw. ein Grundton

---

<sup>20</sup> (A. Müller), S. 31.

<sup>21</sup> (Umweltbundesamt 1998), Anlage A 2.

<sup>22</sup> (Umweltbundesamt 1999), S. 159, Anlage A 3.

<sup>23</sup> Millisekunden

<sup>24</sup> (A. Müller), S. 44.

kennzeichnet den Klang, weitere Frequenzen oder Obertöne bestimmen die Klangfarbe. Beim Klang stehen die Frequenzen der Obertöne in einem ganzzahligen Verhältnis zum Grundton. Klänge werden meist von Musikinstrumenten erzeugt, die wir an ihrer Klangfarbe erkennen und unterscheiden können.<sup>25</sup>

Schall der nicht vorwiegend zur Übertragung von Informationen dient, wird als Geräusch bezeichnet.<sup>26</sup> Bei einem Geräusch überlagert sich eine Vielzahl von Tönen, denen ein nahezu lückenloses Frequenzspektrum zu Grunde liegt. Es gibt somit keine definierte Tonhöhe oder Klangfarbe.<sup>27</sup> Als Beispiele können hier Strömungsgeräusche in Wasserleitungen, Blätterrauschen, Stimmengewirr oder Kreidequietschen genannt werden.

In der Psychoakustik gibt es weitere Bewertungskriterien bei Geräuschen: die Schärfe und die Rauigkeit. Die Schärfe bewertet die Geräusche bei höheren Frequenzen, die sich z.B. als zischen oder quietschen bemerkbar machen. Rauigkeit gibt an, wie ungleichmäßig<sup>28</sup> ein Geräusch ist. Untersuchungen haben gezeigt, dass Geräusche mit zunehmender Schärfe oder Rauigkeit als unangenehm empfunden werden.<sup>29</sup>

## 2.2 Subjektive Kriterien, subjektives Empfinden der Belästigung

Des Einen Lärm ist des Anderen Vergnügen. Lärm ist physikalisch nicht messbar und wird individuell komplett unterschiedlich bewertet. Entscheidende Einflussgrößen auf das Lärmempfinden sind folgende, in der VDI Richtlinie 2058 Blatt 1<sup>30</sup> aufgeführten Geräuschfaktoren: Die Stärke, Dauer, Häufigkeit und Tageszeit, die Frequenzzusammensetzung, die Auffälligkeit, Ortsüblichkeit und die Art und Betriebsweise der

---

<sup>25</sup> (Maue), S. 50ff.

<sup>26</sup> (DIN 1320), S. 5.

<sup>27</sup> (Bobran), S. 21.

<sup>28</sup> Z.B. durch rasche Amplitudenschwankungen hervorgerufen; (DIN 1320), S. 28.

<sup>29</sup> (Schick 1981).

<sup>30</sup> (VDI Richtlinie 2058 Bl.1).

Geräuschquelle. Auch spielt die Situation des Betroffenen eine entscheidende Rolle. Sei es der Gesundheitszustand, die Gewöhnung an das Geräusch, die ausgeführte Tätigkeit während der Geräuscheinwirkung oder gar die persönliche Einstellung zum Geräuschverursacher. Diese und ähnliche Faktoren werden als Moderatoren bezeichnet.<sup>31</sup>

So wird häufig, obwohl merkbar lauter, das Vogelgezwitscher am Morgen nicht als störend empfunden, der tropfende Wasserhahn, der am Einschlafen hindert, dagegen sehr.

Eine lautstarke Unterhaltung mit Freunden wird von den Gesprächsteilnehmern nicht als störend angesehen. Das Grölen von Jugendlichen und jungen Erwachsenen oder laute Musik von einer Feier zur späten Abendstunde wird von Unbeteiligten oder Anwohnern dagegen als Belästigung empfunden.

Lübcke (1935) definiert Lärm als unerwünschten Schall oder störenden Schall.<sup>32</sup> Das bedeutet: Wird das subjektive Wohlbefinden gemindert oder eine Beeinträchtigung registriert, die vom Betroffenen auf den Lärm zurückzuführen ist, so wird dies als Belästigung empfunden. Nachdem die Minderung des subjektiven Wohlbefindens bei nahezu allen Lautstärken auftreten kann, ist es im Extremfall sogar möglich, dass Geräusche an der Wahrnehmbarkeitsgrenze als gravierende Belästigung empfunden werden.

Treten nachts innerhalb des Hauses Geräuschpegel zwischen 25 und 35 dB(A) oder tagsüber Pegel mit 30 bis 35 dB(A) auf, die ihren Ursprung außerhalb des Hauses haben, so ist damit zu rechnen, dass sich niemand gestört oder belästigt fühlt. Dagegen ist damit zu rechnen, dass sich durchschnittlich 30 bis 70% der Betroffenen sehr gestört fühlen, wenn

---

<sup>31</sup> (Giering), S. 1, Anlage A 4.

<sup>32</sup> Lübcke, E. (1935): Schallwahrnehmung. Siemenszeitschrift 145/5; zitiert bei (Schick 1979).



tagsüber ein Dauerschallpegel von 65 dB(A) auf sie einwirkt, der seinen Ursprung außerhalb des Hauses hat.<sup>33</sup>

Alltägliches Erleben von Lärm und die damit verbundene subjektive Beeinträchtigung ist somit die Grundlage von Beschwerden, die in sozialen oder gerichtlichen Auseinandersetzungen enden können.<sup>34</sup>

In Baden-Württemberg wurde im Jahre 2004 eine repräsentative Studie<sup>35</sup> zur Lärmbelästigung durchgeführt. Untersucht wurden unter anderem auch der Lärm durch Freizeit- und Sportanlagen<sup>36</sup> sowie der Nachbarschaftslärm.

In der Studie wurden folgende Reaktionen als Hauptaktivitäten gegen Lärmbelästigungen genannt: Das eigenverantwortliche Einbauen von Doppel- oder Thermopenfenstern sowie der Anruf bei den zuständigen Stellen bzw. das Schreiben eines Beschwerdebriefes. Bei Nachbarschaftslärm ist als überwiegende Reaktion mit 14,6 % die Beschwerde zu verzeichnen, wie aus nachfolgender Grafik ersichtlich ist.

Zu beachten ist, dass zusätzlich hierzu die im Punkt „Sonstige Aktivitäten“ ausgewiesenen 18,5 % beinahe zur Hälfte weitere Beschwerden bei/ oder Kontaktaufnahmen mit öffentlichen Stellen wie Polizei, Verwaltung oder Politik enthalten.

---

<sup>33</sup> (Bosshardt), S. 18f.

<sup>34</sup> (Bosshardt), S. 41.

<sup>35</sup> (Landesanstalt für Umwelt), Anlage A 5.

<sup>36</sup> Hierunter fallen auch Versammlungsplätze (Landesanstalt für Umwelt), S. 17, Anlage A 5.

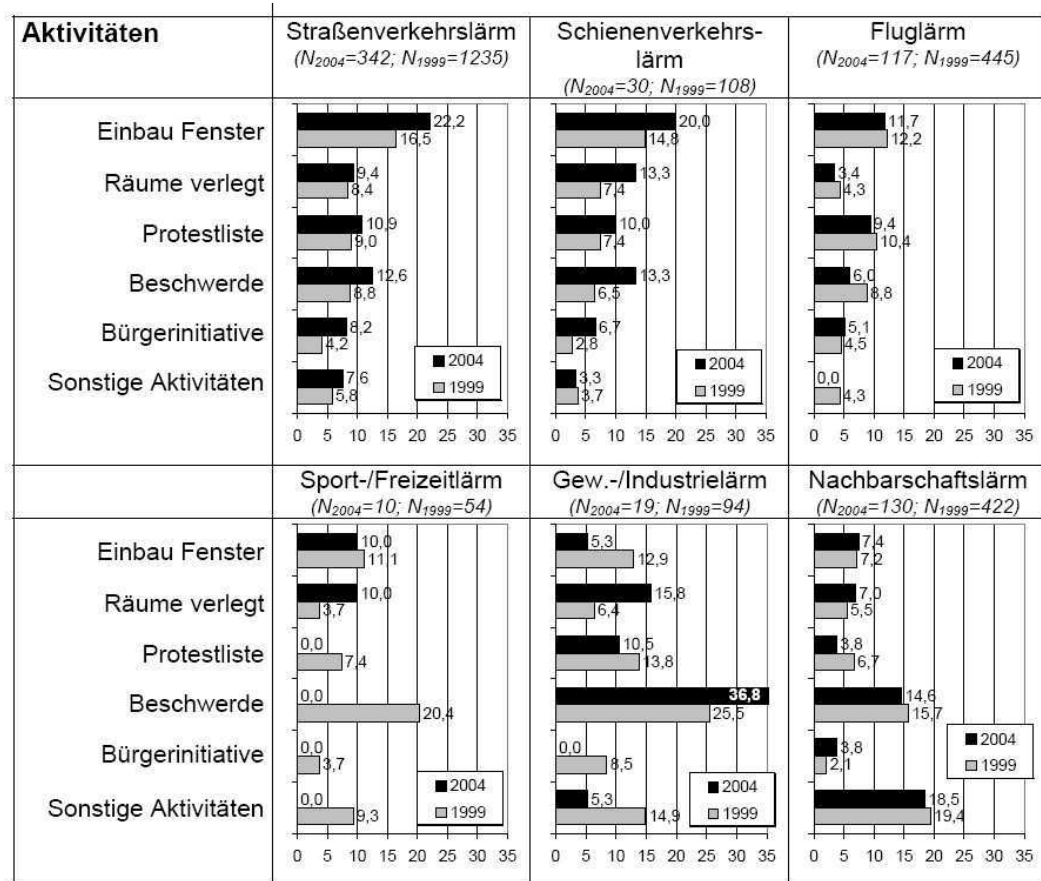


Abbildung 2.3: Häufigkeit durchgeführter Aktivitäten  
 Quelle: (Landesanstalt für Umwelt), S. 32.

Die Studie hat sich auch mit dem Zusammenhang von Lärmbelastung und Lärmbewältigung befasst. Dabei wurde festgestellt, dass ein Aktivwerden gegen den Lärm zu einer subjektiven Verringerung der Belästigung führt. Interessanterweise scheint die Beschwerde zur größten subjektiven Reduktion der Belästigung zu führen.<sup>37</sup>

Eine weitere Frage der Studie war: „Wer ist Ihrer Meinung nach zuständig, dass es in Ihrem Wohngebiet ruhiger wird?“ Bei Lärmbelastigungen durch Freizeit- und Sportanlagen wurden als Spitzenreiter mit 88,9% die kommunalen Behörden genannt.<sup>38</sup> Das bedeutet, dass hier beinahe 90% der Betroffenen der Verwaltung die Verantwortung für den Lärm

<sup>37</sup> (Landesanstalt für Umwelt), S. 35, Tabelle 5-30, Anlage A 5.

<sup>38</sup> (Landesanstalt für Umwelt), S. 40, Tabelle 5-33, Anlage A 5.

zuschreiben. Bei den Lärmbelästigungen durch Nachbarn werden die kommunalen Behörden mit 31,3% genannt.

### 3 Folgen von Lärm

Dass Lärm nicht nur „nervt“ ist weithin bekannt. Doch wie beeinflusst er unser Leben wirklich? Und wann wird er gefährlich?

Das Gehör ist das einzige Sinnesorgan des Menschen, das keiner gerichteten Aufmerksamkeit bedarf, um Reize aufzunehmen. Es nimmt somit auch während des Schlafes akustische Informationen auf, die das Gehirn entsprechend einordnet und den Körper reagieren lässt.<sup>39</sup>

Kloepfer et al. teilt die Wirkungen des Schalls in drei Reaktionen ein: die Primärreaktionen, die Sekundärreaktionen und die Tertiärreaktionen.

Die Primärreaktionen, also die unmittelbaren Folgen des Schallereignisses, sind Störung der Kommunikation sowie Störung des Schlafes und anderer autonomer Funktionen.

Zu den Sekundärreaktionen zählen das Gefühl der Belästigung, die Störung kognitiver Leistungen sowie die subjektiv beeinträchtigte Schlafqualität. Diese Reaktionen können sofort oder erst nach mehrmaliger Beeinträchtigung durch Schall auftreten.

Chronische Lärmbelästigungen oder längerfristig wiederholte Primär- oder Sekundärreaktionen können klinisch relevante Gesundheitsschäden oder dauerhafte Verhaltensänderungen also die sogenannten Tertiärreaktionen hervorrufen.<sup>40</sup>

Das Umweltbundesamt hat 2007 die bis dahin weltweit größte epidemiologische Studie in Auftrag gegeben, die jemals zur Untersuchung möglicher gesundheitlicher Folgen des Fluglärms durchgeführt wurde.

---

<sup>39</sup> (Kloepfer), S. 125.

<sup>40</sup> (Kloepfer), S. 125ff.

Hierbei sollte festgestellt werden, ob der Arzneimittelverbrauch als Indikator für die gesundheitliche Beeinträchtigung durch Fluglärm verwendet werden kann.

Die Auswertungen ergaben generell, dass insbesondere nächtlicher Fluglärm zwischen 3:00 und 5:00 Uhr einen Einfluss auf die Häufigkeit und die Menge verordneter Arzneimittel hatte. Eine Zusatzuntersuchung hierzu hat dann gezeigt, dass auch Straßenverkehrslärm allein einen Einfluss auf den Arzneimittelverbrauch hat.<sup>41</sup>

### 3.1 Gesundheitliche Folgen von Lärm

Lärm hat umfassende Auswirkungen auf den menschlichen Körper. So können ab einem Lautstärkepegel von 85 dB(A) Hörschäden (Lärmschwerhörigkeit) und ab 120 dB(A) Schmerzreaktionen auftreten. Lärm verursacht desweiteren Stressreaktionen im Zentralen und im Vegetativen Nervensystem: der Blutdruck, die Atem- und Herzfrequenz steigen, die Magensaft- und Speichelproduktion vermindert sich, es werden Hormone wie Adrenalin und Dopamin ausgeschüttet. Außerdem ändern sich das Hirnstrombild, die Muskelaktivität und der elektrische Hautwiderstand, es treten Schlaf-, Leistungs- und Konzentrationsstörungen auf.<sup>42</sup>

Als weitere Wirkungen von Geräuschbelastungen können auch Verärgerung, Anspannung, Resignation, Angst oder Nervosität auftreten. Neben den bereits genannten Veränderungen kommt es auch zu einer vermehrten Magnesium- Ausscheidung, Verengung der peripheren Blutgefäße oder einer verringerten Magen- und Darm- Bewegung.

All diese Wirkungen können bereits auch deutlich unterhalb eines Schallpegels von 85 dB(A) auftreten. Es ist damit zu rechnen, dass

---

<sup>41</sup> (Geiser), Anlage A 6.

<sup>42</sup> (Margraf), S. 472.

tägliche und jahrelange Lärmbelastungen zu Gesundheitsstörungen führen können.<sup>43</sup>

Im Forschungsbericht<sup>44</sup> der Fachhochschule Trier, der im Auftrag des Umweltbundesamtes zur Erforschung einer Dosis- Wirkungsrelation bei Lärmwirkungen erstellt wurde, wurde eine Vielzahl von Studien der letzten Jahre verglichen. Hierin sind auch Aussagen über eine Erhöhung des Risikos gesundheitlicher Beeinträchtigungen enthalten. So ist heute davon auszugehen, dass ab einem Schallpegel von ca. 45 – 50 dB(A)<sup>45</sup> nachts und 55 – 60 dB(A) tags die gesundheitlichen Risiken für Bluthochdruck ansteigen. Für ischämische Herzkrankheiten (Angina pectoris, Herzinfarkt u.a.) steigt das relative Risiko ab ca. 60 – 65 dB(A) an. Über die Höhe des relativen Risikos, bezogen auf die Schallpegelwerte, evtl. vorhandene Schwellenwerte oder Aussagen dazu, wie sich das relative Risiko bei höheren Schallpegelwerten verändert, herrscht keine Einigkeit bei den Verfassern der Studien.

Vom Umweltbundesamt wurde 2003 eine Studie<sup>46</sup> in Auftrag gegeben, die sich mit dem Einfluss von Lärm auf die Gesundheit befasst hat. Sie wurde vom Robert Koch Institut durchgeführt. Die Referenzgruppe bestand aus Probanden, bei denen der äquivalente Dauerschallpegel durch Verkehrslärm vor dem Schlafzimmerfenster unter 50 dB(A) lag.<sup>47</sup>

Bei der Untersuchung des Herz-Kreislaufsystems<sup>48</sup> wurde festgestellt, dass die Auswirkungen der Schallbelastung, besonders bei Nacht, die Ausbildung von Bluthochdruck fördert. Bereits ein Dauerschallpegel von 55 dB(A) erhöht das relative Risiko auf 1,9. Wird dann noch bei offenem Fenster geschlafen so versechsfacht (6,1) es sich. Das Risiko für einen Herzinfarkt erhöht sich dagegen um den Faktor 2,8, allerdings nur bei den

---

<sup>43</sup> (VDI Richtlinie 2058 Bl. 3).

<sup>44</sup> (Giering), Anlage A 4.

<sup>45</sup> (Giering), S.99, Anlage A 4.

<sup>46</sup> (Maschke), Anlage A 7.

<sup>47</sup> (Maschke), S. III, Anlage A 7.

<sup>48</sup> (Maschke), S. 302ff., Anlage A 7.

Personen, die sich tagsüber stark vom Straßenverkehrs- und Fluglärm gestört fühlen.

Bei den Stoffwechselerkrankungen<sup>49</sup> hat es sich gezeigt, dass das Risiko, an Diabetes zu erkranken, von Lärmbelastungen unabhängig ist. Dagegen steigt das Risiko für einen erhöhten Cholesterinwert bei einem Außenpegel von 55 dB(A) und geöffnetem Schlafzimmerfenster auf 1,8.

Die Studie kommt weiter zu dem Schluss, dass ein erhöhtes Risiko für eine ärztliche Behandlung psychischer Störungen<sup>50</sup> in erster Linie vom Erleben einer lärmbedingten Störung, und erst in zweiter Linie von der Schalllast tagsüber abhängt. Bei den hier nicht aufgeführten Krankheitsbildern der Studie konnte kein gesicherter Zusammenhang zwischen Lärmbelastung und Erkrankungsrisiko festgestellt werden.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass auf diesem Gebiet noch erheblicher Forschungsbedarf besteht. Wichtig wären hierbei Studien mit gleichen Kriterien und Parametern. Auch sollte Einigkeit darüber bestehen, welches Modell der Datenauswertung zu verwenden ist.<sup>51</sup>

## 3.2 Werteverlust von Immobilien

Neben den gesundheitlichen Folgen gibt es auch finanzielle Auswirkungen von Lärm, sowohl für die betroffenen Haus-, Wohnungs- und Grundstückseigentümer wie auch für die Städte und Gemeinden.

In einigen Studien<sup>52</sup> wurde versucht, Lärm monetär zu bewerten. Dies geschieht meist auf Grundlage von Immobilienwertverlusten und Gesundheitsschädigungen. Die Monetarisierung des Gutes „Gesundheit“

---

<sup>49</sup> (Maschke), S. 312ff., Anlage A 7.

<sup>50</sup> (Maschke), S.324ff., Anlage A 7.

<sup>51</sup> (Giering), S. 100, Anlage A 4.

<sup>52</sup> Anlagen A 4, A 8 und A 13.

beziehungsweise seiner Beeinträchtigung ist aus ethischen Gesichtspunkten durchaus umstritten.<sup>53</sup>

Immobilienwertverluste können prinzipiell anhand von Mietzinsausfällen und durch sogenannte Zahlungsbereitschaftsansätze beschrieben werden.<sup>54</sup> Die Zahlungsbereitschaftsansätze geben an, wie viel die betroffenen Bürger pro Jahr und dB in Euro bereit sind, in Lärmschutzmaßnahmen zu investieren. Genauer, wie viel mehr an Geld die Betroffenen bereit sind, für eine geringere Lärmbelastung auszugeben. Es gibt im Wesentlichen zwei unterschiedliche Methoden für die Ermittlung der Zahlungsbereitschaftsansätze. Die Ergebnisse fallen jedoch sehr ähnlich aus. Zum Einen gibt es die Ermittlung über die offenbarten Präferenzen (revealed preferences, RP) zum Anderen die Ermittlung über die geäußerten Präferenzen (stated preferences SP). Bei den geäußerten Präferenzen werden Befragungen durchgeführt, bei den offenbarten Präferenzen wird das Ergebnis direkt oder indirekt aus beobachtbaren Marktsituationen ermittelt. Beobachtbare Marktsituationen sind beispielsweise die Immobilienpreise oder der Bodenrichtwert.

Für die Europäische Kommission verglich Professor Ståle Navrud<sup>55</sup> 2002 verschiedene Studien über Lärm aus der ganzen Welt. Er versuchte, die mit unterschiedlichen Erhebungsmethoden gesammelten Ergebnisse, auf die Form der Zahlungsbereitschaft in Euro pro dB, Haushalt und Jahr anzupassen. Hierbei kam er zu dem Ergebnis, dass im Bereich des Straßenverkehrslärms mit einem Wertverlust von durchschnittlich 2 bis 32 € pro dB, Haushalt und Jahr gerechnet werden kann. Beim Fluglärm sind es zwischen 8 und 959 €. Hier wurde kein Durchschnittswert gebildet, weil es nur wenige Studien gab und deren Ergebnisse zu weit auseinander lagen.

---

<sup>53</sup> (Giering), S. 100, Anlage A 4.

<sup>54</sup> (Giering), S. 102, Anlage A 4.

<sup>55</sup> (Navrud), Anlage A 8.

In Deutschland hat Frau Dipl.-Ing. Anne-K. Borowski,<sup>56</sup> eine von der IHK Dresden öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige für die Bewertung von bebauten und unbebauten Grundstücken, eine Studie erstellt. Diese ermöglicht es jetzt Immobiliensachverständigen, den Einfluss des Verkehrslärms in der Verkehrswertermittlung von Wohnimmobilien quantifizierter einzubeziehen.

Ihre Berechnungen beziehen sich auf einfache bis mittlere Wohnlagen in Dresden und gehen davon aus, dass bei einer Verkehrslärmbelastung zwischen 45 dB(A) und 50 dB(A) keine, bei Werten zwischen 75 dB(A) und 80 dB(A) eine Bodenwertminderung von 10% auftritt. Unter Einbeziehung der Lästigkeitsfaktoren der VLärmSchR 97 kommt sie zum folgenden, grafisch aufbereiteten Ergebnis:

---

<sup>56</sup> (Borowski), S. 1ff.



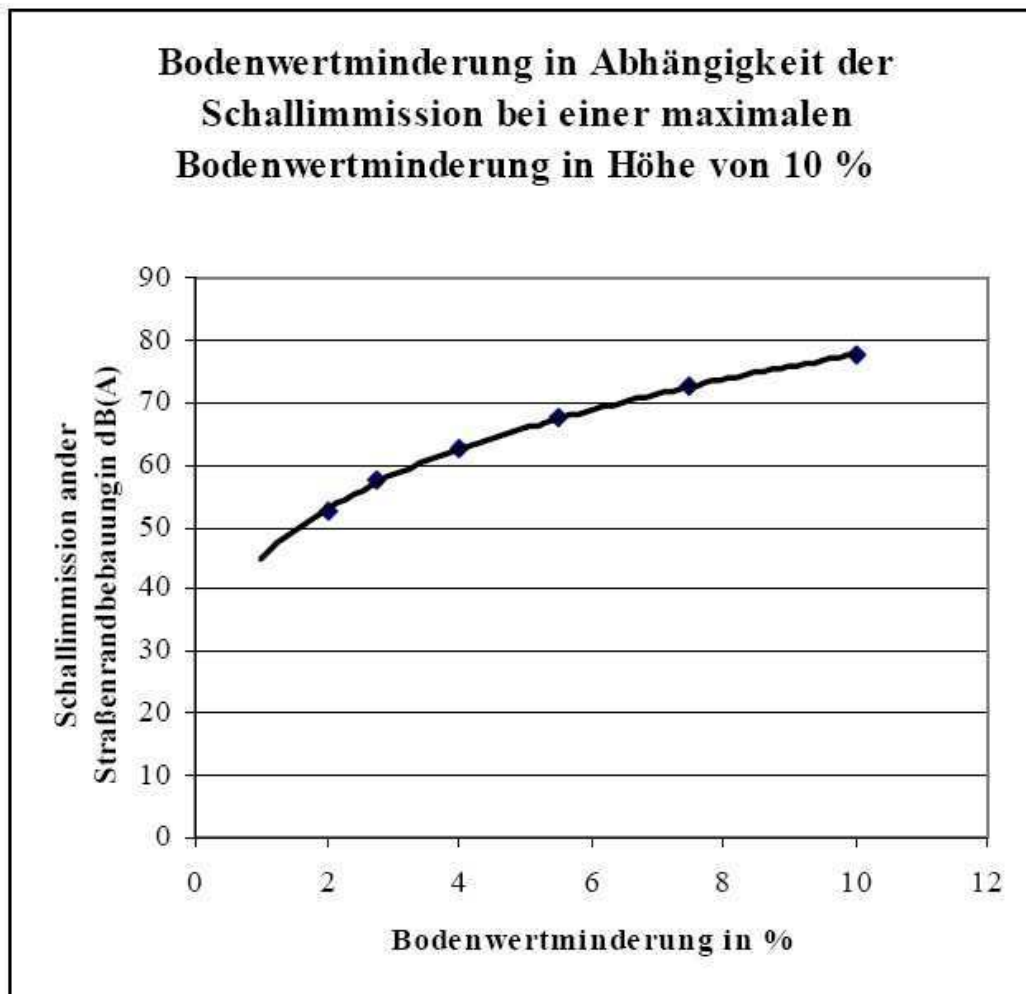


Abbildung 3.1: Bodenwertminderung  
Quelle: (Borowski), S. 5.

Diese Bodenwertminderungen und Immobilienwertverluste haben aber nicht nur auf den privaten Eigentümer eines Grundstücks, Gebäudes oder Wohnung finanzielle Auswirkungen. Gemeindeeigene Immobilien verlieren ebenfalls an Wert. Für die Gemeinden entstehen zudem Steuermindereinnahmen, weil Mieten in lärmbelasteten Gegenden niedriger ausfallen oder wegen erheblichem Lärm gekürzt werden können. Da beim Grunderwerb ein geringerer Preis für belastete Grundstücke erzielt werden kann, fallen auch die Einnahmen aus der Grunderwerbssteuer spärlicher aus.

## 4 Normative Festlegungen von Lärm

Das Thema Lärm wird in vielen Gesetzen, Verordnungen und Verwaltungsanweisungen behandelt. Neben den in den Punkten 4.1 bis 4.5 genannten normativen Festlegungen wären da als Beispiele noch zu nennen:

- Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm (AVV Baulärm)
- Baugesetzbuch (BauGB)
- Baunutzungsverordnung (BauNVO)
- Binnenschiffahrtsaufgabengesetz (BinSchAufgG)
- Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (Fluglärmgesetz)
- Grundgesetz Art. 74 Abs. 1 Nr. 24 (Konkurrierende Gesetzgebungskompetenz)
- Immissionsschutz-Zuständigkeitsverordnung – (ImSchZuVO) für Baden-Württemberg
- Landeplatz-Lärmschutz-Verordnung
- Landesbauordnung für Baden-Württemberg (LBO)
- Luftverkehrsgesetz (LuftVG)
- Luftverkehrsordnung (LuftVO)
- Luftverkehrs-Zulassungs-Verordnung (LuftVZO)
- Magnetschwebbahn-Lärmschutzverordnung (MbLschV)
- Richtlinie für den Lärmschutz an Straßen (RLS-90)
- Richtlinien für den Verkehrslärmschutz an Bundesfernstraßen in der Baulast des Bundes (VLärmSchR 97)
- Straßenverkehrsgesetz (StVG)
- Straßenverkehrs-Ordnung (StVO)
- Straßenverkehrs-Zulassungs-Verordnung (StVZO)
- Umgebungslärmrichtlinie (RL 2002/49/EG)

in der jeweils gültigen Fassung.

Mit Ausnahme der RL 2002/49/EG werden europäische Richtlinien und internationale Übereinkommen, wie beispielsweise die UNECE Reg. 41 (Einheitliche Bedingungen für die Zulassung von Motorrädern bezüglich Lärm), nicht näher beleuchtet.

Auf weitere Fundstellen, die im Zusammenhang mit Bürgerbeschwerden gegen Lärm (besonders) wichtig werden können, wird in den folgenden Punkten näher eingegangen.

## 4.1 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)

Das BImSchG bezweckt den Schutz der Menschen, Tiere und Pflanzen, des Bodens, des Wassers, der Atmosphäre sowie Kultur- und sonstigen Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen (§ 1 BImSchG).

Die Lärminderungsplanung ist im Sechsten Teil in den §§ 47 a-f enthalten. Der § 47 b enthält eine Definition für Umgebungslärm als „belästigende oder gesundheitsschädliche Geräusche im Freien, die durch Aktivitäten von Menschen verursacht werden, einschließlich des Lärms, der von Verkehrsmitteln, Straßenverkehr, Eisenbahnverkehr, Flugverkehr sowie Geländen für industrielle Tätigkeiten ausgeht.“

Der Sechste Teil BImSchG dient dazu, die Umgebungslärm-Richtlinie 2002/49/EG vollständig in nationales Recht umzusetzen; der § 47 f enthält die dafür erforderlichen Verordnungsermächtigungen.<sup>57</sup>

Die vorgenannten Paragraphen schränken aber keinesfalls andere Paragraphen des BImSchG in ihrer Wirkung ein.<sup>58</sup> Die Regelungen des Sechsten Teils sind dem gebietsbezogenen bzw. planerischen Immissionsschutz zuzuordnen und dienen ausschließlich dem Schutze des Menschen.<sup>59</sup>

---

<sup>57</sup> (Landmann), BImSchG § 47 f, Rn. 1.

<sup>58</sup> (Jarass), Allgemeines zu § 47a - § 47 f BImSchG, Rn. 1.

<sup>59</sup> (Jarass), Allgemeines zu § 47a - § 47 f BImSchG, Rn. 2.

Sie gelten für jeglichen, vom Menschen verursachten Lärm im Freien, also für alle belästigenden oder gesundheitsschädlichen Geräusche außerhalb von Gebäuden. Die Geräusche müssen im Freien mess- und berechenbar sein, dass der Lärm aber in Gebäude eindringt und die Bewohner stört, ist durch die Formulierung nicht ausgeschlossen und kann für die Bewertung des Lärms durchaus entscheidend sein.<sup>60</sup>

Allerdings gilt der Sechste Teil des BImSchG, also die Paragraphen 47 a-f nicht für Lärm, der „von der davon betroffenen Person selbst oder durch Tätigkeiten innerhalb von Wohnungen verursacht wird, für Nachbarschaftslärm, Lärm am Arbeitsplatz, in Verkehrsmitteln oder Lärm, der auf militärische Tätigkeiten in militärischen Gebieten zurückzuführen ist.“ (§ 47 a Satz 2 BImSchG). Es stellt sich die Frage, ob der von Jugendlichen oder jungen Erwachsenen verursachte Lärm als Nachbarschaftslärm von der Anwendung der §§ 47 a-f BImSchG ausgeschlossen ist.

Landmann/Rohmer<sup>61</sup> betonen in ihrem Kommentar, dass der Begriff des Nachbarschaftslärms (nach § 47 a Satz 2 BImSchG) nicht als jeder, auf Nachbarn einwirkende Lärm verstanden werden kann, weil sonst die §§ 47 a-f BImSchG ihre praktische Bedeutung verlieren würden. Die Nachbarschaft soll durch den Sechsten Teil des BImSchG vor Lärmquellen geschützt werden. Der Nachbarschaftslärm kann sich somit, nach Landmann/Rohmer nur auf den Lärm beziehen, der in einer nachbarschaftlichen Gemeinschaft durch menschliches Verhalten hervorgerufen wird. Also auf Lärm wie Singen, Musizieren, lautes Rufen, privater Festlärm sowie sportliche Aktivitäten (z.B. Fußballspielen) solange letztere nicht regelmäßig von Sportanlagen ausgehen. Hierbei ist die „nachbarschaftliche Gemeinschaft“ nicht im Sinne von Nachbarn im sozialen Sinne zu sehen sondern in der örtlichen Begrenztheit. So zählt auch der Lärm zum Nachbarschaftslärm, dessen Verursacher nicht in der Gegend wohnen, also nicht aus der Nachbarschaft stammen.

---

<sup>60</sup> (Landmann), BImSchG § 47 b, Rn. 7.

<sup>61</sup> (Landmann), BImSchG § 47 a, Rn. 10.

Somit können die §§ 47 a-f BImSchG nicht herangezogen werden, weil es sich bei dem von Jugendlichen oder jungen Erwachsenen verursachten Lärm um Nachbarschaftslärm handelt, der nach § 47 a Satz 2 BImSchG nicht in den Anwendungsbereich der §§ 47 a-f BImSchG fällt.

## 4.2 TA Lärm

Die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm, kurz die TA Lärm, ist eine allgemeine Verwaltungsvorschrift die ihre rechtliche Grundlage im § 48 BImSchG hat. „Sie dient dem Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche sowie der Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche.“<sup>62</sup>

Nach Jarass kommt einer nach § 48 ordnungsgemäß erlassenen Verwaltungsvorschrift als normkonkretisierende Verwaltungsvorschrift eine nach außen wirkende Verbindlichkeit zu.<sup>63</sup>

Eine andere Ansicht vertritt Holger Wöckel.<sup>64</sup> Er sagt zur Bindungswirkung der TA Lärm (und der TA Luft), dass die Verwaltungsvorschrift(en) „grundsätzlich nur die Bediensteten der Erlassbehörde sowie nachgeordnete Behörden“ binden. Für Gerichte sollen sie grundsätzlich den Gegenstand und nicht den Maßstab richterlicher Kontrolle darstellen.

Die herrschende Meinung erkennt der Verwaltungsvorschrift eine begrenzte Außenwirkung zu.<sup>65</sup> § 48 BImSchG eröffnet der Verwaltung einen Standardisierungsspielraum, der sie dazu ermächtigt, normkonkretisierende Vorschriften zu erlassen.<sup>66</sup>

---

<sup>62</sup> (Umweltbundesamt 1998), Abs. 1, Anlage A 2.

<sup>63</sup> (Jarass), BImSchG § 48, Rn. 55.

<sup>64</sup> (Wöckel), S. 18, Anlage A 9.

<sup>65</sup> Vergl. (Jarass), BImSchG § 48, Rn. 47.

<sup>66</sup> Siehe auch BVerwGE 110, 216 (218); 114, 342 (344); 129, 209 (211).

Die TA Lärm gilt allerdings nur für von Anlagen verursachten Lärm, nicht jedoch für den Lärm, der von Jugendlichen oder jungen Erwachsenen ausgeht.

Anlagen sind, nach § 3 V BlmSchG: „Betriebsstätten und sonstige ortsfeste Einrichtungen, Maschinen, Geräte und sonstige ortsveränderliche technische Einrichtungen sowie Fahrzeuge, soweit sie nicht der Vorschrift des § 38 unterliegen, und Grundstücke, auf denen Stoffe gelagert oder abgelagert oder Arbeiten durchgeführt werden, die Emissionen verursachen können, ausgenommen öffentliche Verkehrswege.“

Desweiteren enthält die TA Lärm eine Aufzählung von weiteren Anlagen, für die die Verwaltungsvorschrift im Besonderen nicht gilt. Unter Anderem gilt sie nicht für Sportanlagen, die der Sportanlagenlärmschutzverordnung nach § 18 BlmSchV unterliegen, sonstige nicht genehmigungsbedürftige Freizeitanlagen und Freiluftgaststätten sowie Anlagen für soziale Zwecke.

Über eine analoge Anwendung der TA Lärm auf den durch Menschen verursachten Lärm konnte in der aktuellen Rechtsprechung nichts gefunden werden. Einzig das Bundesverwaltungsgericht<sup>67</sup> kommt zu dem Schluss, dass Geräuschentwicklungen von Anlagen, die durch das Verhalten der Gäste bestimmt werden, anhand der TA Lärm nicht zutreffend bewertet werden können. In diesem konkreten Fall wurde die Anwendbarkeit der TA Lärm für den Freiluftbereich einer Gaststätte ausgeschlossen und wegen der örtlichen Nähe zum Ruhebereich der angrenzenden Wohngrundstücke wie eine Freiluftgaststätte behandelt, die vom Anwendungsbereich der TA Lärm ausgeschlossen ist. Es bedarf somit der Berücksichtigung der besonderen Umstände des Einzelfalls.

---

<sup>67</sup> BVerwG 4 B 9.10.

### 4.3 Freizeitlärm-Richtlinie

Auf Empfehlung des Länderausschusses für Immissionsschutz wurde 1995 eine Musterverwaltungsvorschrift Lärm verabschiedet. Diese wurde zwar mit Inkrafttreten der TA Lärm weitgehend überholt, ist aber bisher weder ganz noch teilweise aufgehoben. Der Anhang B der Musterverwaltungsvorschrift Lärm hat heute noch unmittelbare Bedeutung, da durch ihn die Freizeitlärm-Richtlinie aus dem Jahr 1987 ersetzt wurde.<sup>68</sup>

Die Freizeitlärm-Richtlinie wurde in einzelnen Bundesländern z.T. in modifizierter Fassung eingeführt; in Baden-Württemberg ist sie hingegen formell nicht eingeführt worden.

Aber auch diese Richtlinie beschränkt ihren Anwendungsbereich auf Anlagen, genauer gesagt auf Freizeitanlagen wie beispielsweise Rummelplätze, Freizeitparks oder Abenteuer-Spielplätze.

Allerdings findet sich hier ein passender Hinweis auf das in dieser Arbeit behandelte Problem: „Durch menschliches Verhalten hervorgerufene, dem Anlagenbetrieb nicht zurechenbare Geräuschereignisse (Freizeitbetätigungen im Wohnbereich und in der freien Natur, z. B. Partys, Musikspielen) sind nicht nach diesen Hinweisen, sondern nach den verhaltensbezogenen Lärmbekämpfungsvorschriften der Länder und Gemeinden zu beurteilen. Außerdem ist § 117 OWiG zu beachten.“<sup>69</sup>

Baden-Württemberg verzichtet auf die verhaltensbezogenen Lärmbekämpfungsvorschriften, um im Bedarfsfall besser auf die Gegebenheiten des Einzelfalls eingehen zu können.

---

<sup>68</sup> (Landmann), 4.1 Freizeitlärm-Richtlinie.

<sup>69</sup> (Landmann), Umweltrecht Band II, 4.1 Freizeitlärm-Richtlinie.

## 4.4 DIN Normen

„Normen leisten einen bedeutenden Beitrag zur Deregulierung, indem sie den Staat von technischen Detailregelungen entlasten. Durch die Verweisung auf Normen kann der Gesetzgeber zudem wesentlich flexibler auf Änderungen im Stand der Technik reagieren“.<sup>70</sup> So steht es im Internetauftritt des Deutschen Instituts für Normung e.V. zu lesen. Bezüglich Lärm im Sinne dieser Ausarbeitung sind die folgenden Normen relevant:

- DIN 1318: „Lautstärkepegel; Begriffe, Meßverfahren“  
Ausgabe 1970-09
- DIN 1320 Akustik: „Begriffe“ Ausgabe 2009-12
- DIN ISO 9613-1: „Akustik; Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien; Teil 1: Berechnung der Schallabsorption durch die Luft“ Ausgabe 1993-06
- DIN ISO 9613-2: „Akustik; Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien; Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren“  
Ausgabe 1999-10
- DIN 18005-1: „Schallschutz im Städtebau; Teil 1: Grundlagen und Hinweise für die Planung“ Ausgabe 2002-07
- DIN 45641: „Mittelung von Schallpegeln“ Ausgabe 1990-06
- DIN 45645-1: „Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen, Teil 1: Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft“  
Ausgabe 1996-07
- DIN EN 61672-1: „Elektroakustik- Schallpegelmesser Teil 1: Anforderungen“ Ausgabe 2003-10
- DIN ISO 9613-2: „Akustik - Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien“ Ausgabe 1999-10

---

<sup>70</sup> (DIN), Anlage A 10.



## 4.5 VDI Richtlinie

VDI Richtlinien sind grundsätzlich Empfehlungen. Rechtliche Bedeutung erlangen sie erst, wenn sie Aufnahme in Gesetze finden.

Mit Lärm oder Geräuschen befassen sich ca. 150 VDI Richtlinien, von denen etwa ein Drittel bereits wieder zurückgezogen sind. Die für das Thema dieser Bachelorarbeit am ehesten zutreffenden Richtlinien sind nachfolgend aufgeführt:

- VDI 2058 Blatt 1: „Beurteilung von Arbeitslärm in der Nachbarschaft“ Zurückgezogen 1999-03
- VDI 2058 Blatt 2: „Beurteilung von Arbeitslärm hinsichtlich Gehörgefährdung“ Ausgabe 1988-06
- VDI 2058 Blatt 3: „Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten“ Ausgabe 1999-02
- VDI 2719: „Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen“ Ausgabe 1987-08
- VDI 3724: „Beurteilung der durch Freizeitaktivitäten verursachten und von Freizeiteinrichtungen ausgehenden Geräuschen“ Zurückgezogen 1993-07; ersetzt durch 18. BImSchV

## 5 Beschwerden

Beschwerden der Bürger über Lärm gelangen auf den unterschiedlichsten Wegen zur Stadt- oder Gemeindeverwaltung. Einige direkt, wenn der Bürger ins Rathaus kommt, um sich über den Lärm zu beschweren, andere Beschwerden kommen per Post. Auch beschweren sich die Bürger nicht nur bei den Rathausmitarbeitern sondern auch direkt beim Bürgermeister oder den Gemeinderäten. Insbesondere letzteres ist in kleineren Gemeinden häufiger der Fall als in großen.

Ein weiterer und durchaus nicht zu vernachlässigender Anteil der Beschwerden kommt über die Polizei. Häufig tritt Lärm, insbesondere der hier betrachtete Lärm von Jugendlichen und jungen Erwachsenen, in den Abendstunden oder am Wochenende auf. Die Rathäuser sind zu diesen Zeiten nicht besetzt, weswegen die Bürger die Polizei anrufen.

In akuten Fällen sollen sich die Bürger auch an die Polizei wenden, die dann eingreifen kann. Hält eine Störung länger an und kehrt an verschiedenen Tagen im Jahr wieder ist eine Beschwerde bei der Gemeinde oder Stadt angebracht.

Das Umweltbundesamt empfiehlt auf seiner Website<sup>71</sup> den Bürgern, bei Lärm zuerst auf den Verursacher zuzugehen oder – in einem Mietverhältnis – auf den Vermieter. Erst danach sollen sich die Betroffenen an die Ordnungsbehörde wenden. Die Stadt Berlin empfiehlt ebenfalls auf ihrer Website<sup>72</sup> sich, sollte der Lärmverursacher uneinsichtig bleiben, in der Zeit von 6:00-22:00 Uhr an das Ordnungsamt und von 22:00-6:00 Uhr an die Polizei zu wenden.

Doch wie sollen die Rathausmitarbeiter auf die Beschwerden reagieren? Eine Reaktion sollte auf jeden Fall erfolgen. Doch es ist wenig sinnvoll, bei der allerersten Beschwerde sofort einen privaten Sicherheitsdienst anzustellen oder mit Bußgeldern auf eine unter Umständen einmalige, objektiv nicht störende, Garten- oder Straßenfeier zu reagieren. So abgedroschen es auch klingt: manche Probleme lösen sich, mit Einbruch der kalten Jahreszeit, von selbst.

Im Rahmen der Verwaltungsmodernisierung sollten auch die Städte und Gemeinden verstärkt den Bürger und dessen Zufriedenheit in den Mittelpunkt stellen. Die erste Reaktion auf eine Beschwerde ist eine Art Schlüsselerlebnis für den Beschwerdeführer, das mit darüber entscheidet, ob der Bürger am Ende zufrieden ist oder nicht.

---

<sup>71</sup> (Umweltbundesamt), Anlage A 11.

<sup>72</sup> (Senat Berlin), Anlage A 12.

Wird eine Beschwerde persönlich vorgebracht, so soll sich der zuständige Rathausmitarbeiter die erforderliche Zeit nehmen, gesprächsbereit sein und so lange inhaltliche Fragen stellen, bis die Situation eindeutig geklärt ist. Sofortdiagnosen oder vorschnelle Lösungsvorschläge sollten nicht gestellt werden, weil eine Lösung des Problems bei Lärm in der Regel nicht sofort möglich ist.

Bei schriftlichen Beschwerden ist es angebracht, eine Eingangsbestätigung zu schicken, die auch eine Aussage darüber enthält, bis wann der Beschwerdeführer mit einer Nachricht rechnen kann.<sup>73</sup> Eine Arbeitshilfe für die weitere Bearbeitung enthält Kapitel 10.

Ein Problem lässt sich dabei aber nie klären: Ist die Aussage über eine vorgebrachte Belästigung echt oder unecht? Ist die Lärmbelästigung also wirklich aufgetreten oder möchte der Beschwerdeführer nur einen Vorteil für sich erzielen oder jemand Anderen damit ärgern? Welche Wirklichkeitstreue hat die Aussage: „Die Jugendlichen haben bis nach 24 Uhr sehr lauten Krach gemacht“?

Wenn hier die Frage nach der Wirklichkeitstreue gestellt wird, so wird bereits von etwas Objektivierbarem ausgegangen. Die Rechtsprechung prüft Wahrhaftigkeit bzw. Echtheit von Aussagen – aber Lärm ist nicht objektivierbar!<sup>74</sup>

## 6 Brennpunkte

Wenn über ein Jahr gesehen oder darüber hinaus an einzelnen Orten im Gemeinde- oder Stadtgebiet gehäuft und von verschiedenen Personen Beschwerden eingehen, kann davon ausgegangen werden, dass sich ein Brennpunkt gebildet hat.

---

<sup>73</sup> (Stauss), S. 217ff.

<sup>74</sup> (Schick 1979), S. 104f.

Für diese Bachelorarbeit wurde der örtliche Betrachtungsbereich auf die große Kreisstadt Waiblingen im Remstal und die umliegenden Ortschaften und Städte beschränkt. Ein Entscheidungsgrund hierfür war mithin die Fülle an lärmbezogenen Fällen im Zuständigkeitsbereich der Polizeidirektion (PD) Waiblingen. Diese nannte auf Anfrage mehr als 4.000 Fälle pro Jahr, die mit Lärm und Ruhestörung zu tun hatten. Auf Lärmvorkommnisse bezogene Statistiken werden von der PD nicht angefertigt, weil es sich nur in den seltensten Fällen um Straftaten handelt. Lärm hat zudem im Vergleich zu Überfällen, Steuerhinterziehung oder Drogenhandel eine geringere Priorität und Dringlichkeit, außerdem eine geringere politische Relevanz, was den Mangel an Statistiken und aufbereiteten Daten erklärt. Für eigene Auswertungen konnte die PD aus Datenschutzgründen keine Daten bereitstellen, wie mir auf Anfrage erklärt wurde.

## **6.1 Beispiele im Betrachtungsgebiet**

Im Folgenden werden Brennpunkte aus Waiblingen und Umgebung beschrieben. Der wohl bekannteste Brennpunkt im Remstal ist der Seeplatz in der Gemeinde Korb.

### **6.1.1 Korb Seeplatz**

Beim „Brennpunkt Seeplatz“ in Korb handelt es sich nicht nur um die gärtnerisch gestaltete öffentliche Grün- und Erholungsanlage mit See, Wiese, Bänken und Kinderspielfeld sowie einer Freischankfläche. Zum Brennpunkt zählen außerdem die Bushaltestelle auf der Westseite, der Platz vor der Korber Bank (westlich der Bushaltestelle) und insbesondere der Kundenparkplatz des örtlichen Rewe®-Marktes, der südlich an den Seeplatz anschließt. Rund um diesen Platz führt eine Straße. Der Seeplatz entwickelte sich jedoch erst seit dem Jahr 2007 zu einem Brennpunkt von Lärm. Bürgerbeschwerden traten in der Zeit davor

wesentlich seltener auf. Zum ersten Mal wurde der Seeplatz in einer Gemeinderatssitzung am 06.11.2007 im Zusammenhang mit massiven Lärmproblemen und Bürgerbeschwerden erwähnt. Was war geschehen?

In Korb fällt die Antwort leicht. Im Jahre 2007 wurde der Rewe<sup>®</sup> Markt erbaut und eingeweiht. Mit ihm ein Getränkemarkt (zu Rewe<sup>®</sup> gehörend), der bis 22 Uhr geöffnet hat. Der Kundenparkplatz, abends mit wenigen Fahrzeugen belegt, bot eine neue große Freifläche, die fortan auch als Fußballfeld genutzt wurde – mit der dazugehörenden Lärmentwicklung.

Erschwerend kommt zu dieser Situation noch hinzu, dass der Nachtbus aus Stuttgart am Wochenende am Seeplatz hält, was dem Platz zusätzliche Besucher beschert.

Am 04.12.2007 berief die Gemeinde einen ersten Runden Tisch wegen des Seeplatzproblems ein. Teilgenommen haben, neben den Mitgliedern des Gemeinderates, der Leiter der PD Waiblingen, der Leiter des Bezirksdienstes des Polizeireviers Waiblingen, die Zuständige für die Kriminalitätsanalyse im Rems-Murr-Kreis aus dem Führungsstab der PD Waiblingen sowie Anwohner des Seeplatzes, betroffene Gewerbetreibende und der Geschäftsführer des Rewe<sup>®</sup>-Marktes.

Aus dem Protokoll des runden Tisches geht hervor, dass in dem Zeitraum März bis November 2007 insgesamt 50 Einsätze von der Polizei gefahren wurden, meist in den Nächten auf Samstag und Sonntag, teilweise auch Donnerstag- und Sonntagabend. 14-mal wurde die Polizei wegen Straftaten gerufen, meist Sachbeschädigung, Diebstahl oder Körperverletzungen. Die restlichen 36 Einsätze wurden wegen Lärmbelästigungen gefahren. Bei den Tätern handelte es sich um unterschiedliche Personen meist über 20 Jahren.

### **6.1.2 Endersbach Bahnhof, JuCa**

In Weinstadt-Endersbach bildet der Bahnhofsbereich mit dem daran anschließenden zentralen Busbahnhof und dem Jugendtreff JuCa einen

Brennpunkt. Der zentrale Busbahnhof, auch bekannt als Parthenaier Platz ist der Ausgangspunkt insbesondere für Fahrzeuglärm, da er zu einer Art „Rennstrecke“ umfunktioniert wird. Komplette umfahrbar bildet der Platz einen optimalen Rundkurs, um (die zum Teil technisch modifizierten) Fahrzeuge vorzuführen. Die Wartebänke des Busbahnhofs bilden dafür die Zuschauerplätze. Keine 50 Meter weiter befindet sich das gut besuchte „JuCa“ Jugendcafe. Rund um den Parthenaier Platz gibt es eine dichte Wohnbebauung, vornehmlich mit Hochhäusern und einigen Ein- und Mehrfamilienhäusern.

### **6.1.3 Waiblingen, Weingärtner Vorstadt**

Die Weingärtner Vorstadt grenzt an den 2008 neu gestalteten Vorplatz an der Galerie Stihl und der Kunsthochschule Unteres Remstal an. Um die zwei modernen Gebäude, zwischen der historischen Stadtmauer und der Rems, liegt ein großer freier Platz, auf dem lediglich noch ein großes Kunstwerk steht.

Die Weingärtner Vorstadt kann nicht direkt als ein Brennpunkt für lärmende Jugendliche und junge Erwachsene bezeichnet werden. Es ist eher ein Platz mit auffallend vielen Meldungen über Lärm im Allgemeinen. In den Lärmakten der Stadtverwaltung Waiblingen i.R. befanden sich auch einige Unterlagen der Polizei, die diese an das Ordnungsamt weitergeleitet hatte. Hierin waren im Zeitraum eines Jahres insgesamt 19 Einsatzberichte enthalten, die mit lärmenden Jugendlichen und jungen Erwachsenen zu tun hatten. Die restlichen Meldungen betrafen hauptsächlich Nachbarschaftsstreitigkeiten, aber ebenfalls wegen Lärm.

## **6.2 Brennpunktbildung**

Allgemein kann gesagt werden, dass Gruppen von Jugendlichen und jungen Erwachsenen dazu tendieren, sich öffentliche Räume anzueignen und nicht nur zu nutzen. Der Begriff der Nutzung eines Raumes bezieht

sich zunächst auf den realen Gebrauch eines Ortes hinsichtlich Häufigkeit sowie Art und Weise. Die Aneignung eines Raumes geht weiter und beinhaltet den aktiven und selbstbestimmten Umgang mit räumlichen Gegenständen.<sup>75</sup>

„Die Aneignung des Raums ist das Resultat der Möglichkeit, sich im Raum frei bewegen, sich entspannen, ihn besitzen zu können, etwas empfinden, bewundern, träumen, etwas kennenlernen, etwas den eigenen Wünschen, Ansprüchen, Erwartungen und konkreten Vorstellungen gemäÙes tun und hervorbringen zu können.“<sup>76</sup> Es besteht ein Konflikt zwischen der Aneignung der Räume durch eine Gruppe Jugendlicher und der ursprünglich vorgesehenen Nutzung. Die Interpretationen, welche die Räume durch die Jugendlichen erfahren, bergen Konfliktpotentiale. Beispielsweise werden große freie Plätze zu Freizeit- und Sportplätzen umfunktioniert, obwohl sie als Orte der Begegnung geplant wurden. Als übliche Reaktion werden sogenannte Aneignungsbarrieren geschaffen, die die vollkommene Aneignung der Räume verhindern sollen. Aneignungsbarrieren gibt es unter anderem juristische (Verbot, den Raum zu betreten; Platzverweise), ökonomische (Raumnutzung nur gegen finanzielle Leistung) und soziale (Kontrollen, Konflikte oder Ängste).<sup>77</sup>

### 6.3 Gemeinsamkeiten

Für den Lärm am Korber Seeplatz kann recht einfach ein „Schuldiger“ gefunden werden. Die Eröffnung des Rewe<sup>®</sup> Marktes 2007 und der Beginn der Lärmbeschwerden zeigen eindrucksvoll, was eine bauliche Veränderung alles bewirken kann. Aber eine umfassende Schuldzuweisung ist so einfach nicht möglich. Zur Brennpunktbildung bedarf es mehrerer Faktoren.

---

<sup>75</sup> (Herlyn), S. 28f.

<sup>76</sup> Chombart de Lauwe, S. 6, zitiert bei (Herlyn), S. 30.

<sup>77</sup> (Herlyn), S. 30.

Bei den anderen Orten wird die Suche nach den Ursachen schon schwieriger. Welche allgemeinen Eigenschaften begünstigen das Entstehen eines Brennpunktes? Hierfür werden die Gemeinsamkeiten der vorgestellten Brennpunkte aufgezeigt.

Eine erste Gemeinsamkeit der Brennpunkte ist, dass es sich um relativ große, mehr oder weniger freie Plätze handelt. Der Kundenparkplatz und der Seeplatz in Korb, der Vorplatz zur Galerie Stihl in Waiblingen und der Parthenaier Platz in Weinstadt. Die freien Plätze laden regelrecht zu sportlichen Aktivitäten ein: Fußball spielen auf dem Seeplatz, Autorallye um den Parthenaier Platz, Skaten um die Galerie Stihl.

Neben dem großen freien Platz für sportliche Aktivitäten gibt es an allen Plätzen auch Sitzgelegenheiten zum gemütlichen Verweilen.

Die Plätze sind alle gut mit den Öffentlichen Verkehrsmitteln zu erreichen. Der Seeplatz liegt direkt an einer Bushaltestelle, der Parthenaier Platz ist selbst der ZOB direkt neben dem Bahnhof und im Bereich der Weingärtner Vorstadt gibt es insgesamt 4 Bushaltestellen. Parkplätze sind auch bei allen Plätzen in unmittelbarer Nähe vorhanden. Eine weitere Gemeinsamkeit bildet sowohl in Endersbach wie auch in Korb die Nachtbushaltestelle.

Alle Brennpunkte sind auch gut an den Einzelhandel angeschlossen. Der Getränkemarkt am Seeplatz ist bis 22 Uhr geöffnet. Vom Parthenaier Platz sind es etwa 5 Laufminuten bis zur Ortsmitte oder zur Tankstelle, die rund um die Uhr geöffnet hat. Die Weingärtner Vorstadt schließt unmittelbar an die historische Innenstadt an, die gute Einkaufsmöglichkeiten bietet.



## 7 Lösungsmöglichkeiten

Im bisherigen Teil wurde erläutert, was Lärm ist und welche Gesetze und Richtlinien sich damit beschäftigen. Eine Bestandsaufnahme über Bürgerbeschwerden, Brennpunkte und Ursachen schloss sich an.

Im Folgenden werden mögliche Lösungsansätze behandelt, wie Betroffene und Gemeinden gegen bestehende Lärmprobleme vorgehen können.

### 7.1 Rechtliche Eingriffsgrundlagen

Die Art und Weise, wie gegen den Störer, den Lärmverursacher vorgegangen werden kann, bestimmt die erforderliche Ermächtigungsgrundlage. Bußgelder benötigen eine andere, als beispielsweise ein Platzverweis, der einen Eingriff in die Grundrechte des Störers darstellt.

Die §§ 906, 1004 BGB bilden eine privatrechtliche Rechtsgrundlage, mit der ein Unterlassen vom Störer verlangt werden kann.

§§ 823, 1004 BGB eröffnen ebenfalls die privatrechtliche Möglichkeit einer Unterlassensforderung oder einer Entschädigung in Geld gegen den Störer.

Die §§ 10 Abs. I, 1 Abs. I und 18 Abs. I PolG erlauben es der Gemeinde, Polizeiverordnungen zu erlassen, um Gefahren abzuwehren.

Die §§ 4, 10 und 142 GemO ermöglichen es der Gemeinde, für öffentliche Einrichtungen Benutzungsordnungen zu erlassen.

#### 7.1.1 Vorgehen als Privatperson § 906 BGB

„Der Eigentümer eines Grundstücks kann die Zuführung von [...] Geräusch, Erschütterungen und ähnliche von einem anderen Grundstück

ausgehende Einwirkungen insoweit nicht verbieten, als die Einwirkung die Benutzung seines Grundstücks nicht oder nur unwesentlich beeinträchtigt.“ § 906 Abs. I Satz 1 BGB.

Diese Formulierung des § 906 Abs. I Satz 1 BGB beschränkt die Eingriffsmöglichkeiten des Grundstückseigentümers auf Fälle, in denen die in Gesetzen oder Rechtsverordnungen festgesetzten Grenz- bzw. Richtwerte, oder die in allgemeinen Verwaltungsvorschriften nach § 48 BImSchG erlassenen Immissionsrichtwerte, überschritten werden. Werden diese Werte überschritten, steht dem Eigentümer ein Rechtsanspruch auf Unterlassung gegen den Störer aus § 1004 BGB zu.

Es handelt sich hier um einen Anspruch Privat gegen Privat, stellt also eine Eingriffsmöglichkeit gegen Lärm auf Privatgelände dar.

Handelt es sich bei dem Grundstück, von dem die Störung ausgeht, um eine hoheitlich betriebene öffentliche Einrichtung, beispielsweise einen Spielplatz, kann ein Abwehranspruch aus Art. 14 Abs. I GG nicht unmittelbar hergeleitet werden. Allerdings besteht nach dem Urteil des VG Karlsruhe 8. Kammer eine Regelungslücke, die zur analogen Anwendung der §§ 1004, 906 BGB berechtigt. (vgl. Beschl. des 1. Senats des BVerfG v. 03.04.1990 - 1 BvR 1186/89 -, BVerfGE 82, 6, zu den verfassungsrechtlichen Grenzen richterlicher Rechtsfortbildung allgemein und der Analogiebildung im Besonderen)<sup>78</sup>. Entscheidend ist aber im Einzelfall, ob der Gemeinde die missbräuchliche Nutzung der öffentlichen Einrichtung – im Urteil die Benutzung eines Spielplatzes für Kinder unter 14 Jahre durch Jugendliche - zugerechnet werden kann.

### **7.1.2 Vorgehen als Privatperson § 823 BGB**

„Wer vorsätzlich oder fahrlässig das Leben, den Körper, die Gesundheit, die Freiheit, das Eigentum oder ein sonstiges Recht eines anderen

---

<sup>78</sup> VG Karlsruhe 8. Kammer AZ8 K 1934/98 vom 27.03.2001.

widerrechtlich verletzt, ist dem anderen zum Ersatz des daraus entstehenden Schadens verpflichtet.“ § 823 Abs. I BGB.

Ein weiterer privatrechtlicher Anspruch gegen Lärm ergibt sich aus den §§ 823, 1004 BGB. Der Anspruch auf Unterlassen, § 1004 BGB, stützt sich hier auf § 823 BGB, das Recht auf Schutz der Gesundheit vor schädlichen Einwirkungen. Entscheidend ist hierbei, dass dem Geschädigten durch den widerrechtlichen Lärm ein Schaden entstanden ist. Auch kann der Geschädigte einen Anspruch auf Schadensersatz in Geld erheben.

Auf den Lärm, der von Jugendlichen oder jungen Erwachsenen verursacht wird, können diese Paragraphen allerdings nur in Ausnahmefällen angewendet werden. Dann nämlich, wenn durch den widerrechtlich verursachten Lärm ein Schaden entstanden ist. Gesundheitsschädigungen sind nicht einfach den Lärmverursachern zuzuordnen. Die meisten Lärmfolgen, abgesehen von einem Knalltrauma, manifestieren sich erst nach einer gewissen Einwirkungsdauer, was eine direkte Verursacher- Schaden- Zuordnung fast unmöglich macht.

### **7.1.3 Anspruch aus Ordnungswidrigkeit § 117 OWiG**

Die wichtigste Anspruchsgrundlage für die Gemeinden bietet der § 117 OWiG. Im Absatz I heißt es hier: „Ordnungswidrig handelt, wer ohne berechtigten Anlass oder in einem unzulässigen oder nach den Umständen vermeidbaren Ausmaß Lärm erregt, der geeignet ist, die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft erheblich zu belästigen oder die Gesundheit eines anderen zu schädigen.“

Diese Anspruchsgrundlage ist nicht anlagebezogen, bezieht sich also auf den von Menschen direkt verursachten Lärm. Der § 117 OWiG ist die Anspruchsgrundlage schlechthin, wenn es um Lärmbelästigungen geht. Auf dieser Grundlage können Ordnungswidrigkeitsanzeigen aufgegeben werden, wenn die Personalien des Verursachers bekannt sind. „Die Ordnungswidrigkeit kann mit einer Geldbuße bis zu fünftausend Euro

geahndet werden wenn die Handlung nicht nach anderen Vorschriften geahndet werden kann.“ §117 Abs. II OWiG.

### 7.1.4 Polizeiverordnungen

Städte und Gemeinden können aufgrund der §§ 10 Abs. I, 1 Abs. I und 18 Abs. I PolG Polizeiverordnungen zur Wahrnehmung ihrer Aufgaben nach dem PolG erlassen. Aufgabe der Polizeibehörden ist die Abwehr von Gefahren und Störungen vom Einzelnen und dem Gemeinwesen. Lärmbelästigungen kommt im Zusammenhang mit dem Erlass von Vorschriften gegen umweltschädliches Verhalten besondere Bedeutung zu. Schäden im polizeirechtlichen Sinne sind nur erhebliche Beeinträchtigungen eines Schutzgutes. Die örtliche oder zeitliche Häufung von belästigenden oder benachteiligenden Einflüssen können in ihrer Summe auch zu einem Schaden führen. Lärmbelästigungen fallen somit regelmäßig unter den Gefahrenbegriff.

Die Polizeiverordnungen der Städte und Gemeinden decken üblicherweise nicht den Bereich des vom Menschen unmittelbar geschaffenen Lärms ab. Regelungen bestehen über die Benutzung von Rundfunkgeräten, Lautsprechern und Musikinstrumenten, über den Lärm von Tieren und über den Lärm durch Fahrzeuge. Die Formulierung in einigen Polizeiverordnungen über das Verbot von schreien, grölen, singen usw. ist mindestens als problematisch zu sehen. Es wäre in diesem Fall auch verboten, in einer Notsituation nach Hilfe zu rufen. Viele Städte behelfen sich mit den Worten „nach den Umständen unvermeidbar“<sup>79</sup>, andere streichen den Teil ganz<sup>80</sup>. Es ist laut Gesetz nicht verboten, Lärm zu verursachen, es ist lediglich mit einem Bußgeld bewährt.

Eine Gemeinde hätte die Möglichkeit, zum Lärmschutz eine spezielle Polizeiverordnung zu erlassen. Ein Vorbild hierfür könnte die Polizeiverordnung von Freiburg sein. Unlängst vom VGH Mannheim für

---

<sup>79</sup> (Stadt Reutlingen), Polizeiverordnung § 2, Anlage A 18.

<sup>80</sup> (Stadt Waiblingen), Anlage A 17.

unzulässig erklärt (Urteil vom 28.7.2009 – 1 S 2200/08) beinhaltet die Polizeiverordnung ein Verbot von Alkohol im sogenannten Freiburger „Bermudadreieck“, um Straftaten zu verhindern. Lärm ist allerdings meist nur eine Ordnungswidrigkeit, gegen die allein kaum mit einer PolVO vorgegangen werden kann. Es handelt sich selten um Lärm im unmittelbar gesundheitsschädlichen Bereich und stellt somit keine imminente Gefahr dar. Eine solche Verordnung, alleine zur Gefahrenvorsorge, stellt eine herausstechende Unverhältnismäßigkeit dar. Bei einer Kombination dieser Polizeiverordnung gegen Lärm mit Polizeiverordnungen gegen Sachbeschädigungen, Vermüllung oder Alkoholkonsum ist allerdings erneut das oben bereits genannte Urteil zu beachten. Dieses bestimmt, dass eine Regelung zur alleinigen vorsorglichen Abwehr der Gefahr nicht von den §§ 10, 1 PolG gedeckt wird. Eine Regelung in einer Polizeiverordnung ist nur dann durch diese Ermächtigungsgrundlage gedeckt, wenn hinreichende Anhaltspunkte dafür vorliegen, dass das verbotene Verhalten regelmäßig und typischerweise zu einem Schaden führt.

### **7.1.5 Benutzungsordnungen**

Nachdem das Erlassen von Polizeiverordnungen gegen Lärm unverhältnismäßig ist, hat die Stadt Sindelfingen eine neue mögliche Lösung für das Problem gefunden. Sie erließ, allerdings vor dem Hintergrund des Alkoholmissbrauchs und seinen Begleiterscheinungen, eine Benutzungsordnung für ihre Öffentlichen Einrichtungen. Rechtsgrundlage hierfür sind die §§ 4, 10 und 142 GemO. Als Öffentliche Einrichtungen betrachtet die Gemeinde hier ihre städtischen öffentlichen Grün- und Erholungsanlagen, in denen Probleme auftreten. In Sindelfingen gilt die Benutzungsordnung umfassend für bestimmte, allgemein zugängliche, gärtnerisch gestaltete Grün- und Erholungsanlagen. In der Gemeinde Korb, die ihre Benutzungsordnung nach Sindelfinger Vorbild entworfen hat, gilt die Benutzungsordnung lediglich für die größten Brennpunkte der Gemeinde, den Seeplatz und

den Kelterplatz. Der Kelterplatz wurde wegen der räumlichen Nähe zum Seeplatz in die Benutzungsordnung mit aufgenommen, um einer Verlagerung des Brennpunktes hierhin vorzubeugen. Ziel ist es, die öffentliche Ordnung zu bewahren und durch ein Alkoholverbot zwischen 22 und 6 Uhr für mehr Ruhe zu sorgen. Hauptziel ist hier wiederum nicht die Lärmreduktion allein, sondern ebenfalls Vermüllung und Sachbeschädigungen zu vermindern.

Ob dieser Ansatz auf Dauer Bestand haben wird, ist fraglich und wird die Zukunft zeigen.

## **7.2 Einsatz privater Sicherheitsfirmen**

Die Gemeinde Korb im Remstal geht bei der Bekämpfung von Lärm neue und kontrovers diskutierte Wege. Für den Bereich des Seeplatzes, hat die Gemeinde eine private Sicherheitsfirma beauftragt, in diesem Bereich zu kontrollieren.

Problematisch ist der Einsatz eines privaten Sicherheitsdienstes insofern, dass den Mitarbeitern auf öffentlicher Fläche keine hoheitlichen Rechte zustehen, sie also keine Platzverweise aussprechen können. Auf privater Fläche können die Sicherheitsfirmen allerdings das Hausrecht ausüben, wenn es vom Eigentümer übertragen wurde. Das Ziel bei dem Einsatz von privaten Sicherheitsdiensten besteht auf öffentlichen Flächen darin, Präsenz zu zeigen, die Betroffenen bzw. die Störer anzusprechen und bei Bedarf die Polizei zu rufen.

Der Gemeinderat der Gemeinde Korb beschloss am 06.10.2009 einen dreimonatigen Testlauf mit der privaten Sicherheitsfirma BUNK aus Schorndorf durchzuführen. An der Aktion beteiligten sich die Gemeinde Korb, die Rewe<sup>®</sup> Lang OHG und die Korber Bank. Dadurch wurde der Aktionskreis des Sicherheitsdienstes neben den öffentlichen Flächen auch auf die Privatflächen ausgeweitet. Dem Sicherheitsdienst wurde sowohl

von der Korber Bank wie auch vom Besitzer des Rewe<sup>®</sup> Marktes die Ausübung des Hausrechts übertragen.

In der Gemeinderatssitzung vom 19.01.2010 lieferte die Sicherheitsfirma einen ersten Bericht über die Einsätze ab. In dem Zeitraum vom 02.10.2009 bis zum 02.01.2010 war der Sicherheitsdienst insgesamt 70 mal zur Kontrolle angefahren. Bei 31 der Kontrollen waren keine Personen in dem überwachten Gebiet angetroffen worden, 24-mal waren zwar Personen anwesend, diese verhielten sich aber ordnungsgemäß und unauffällig. Bei fünf Einsätzen griffen die Sicherheitsleute wegen Lärm ein und erteilten Platzverweise. Fünfmal am Rewe<sup>®</sup>-Parkplatz, viermal vor der Korber Bank, jeweils gegen mehrere Personen. In zwei Fällen wurde die Polizei gerufen und in zwei anderen Fällen brachen die Sicherheitsleute ihren Einsatz aus Eigensicherungsgründen ab.

Lediglich in einem Fall wurde der ausgesprochene Platzverweis nicht befolgt. Bei den Kontrollen wurde ebenfalls die Anzahl der angetroffenen Personen erfasst. So liegt die maximale Gruppengröße am Seeplatz bei 50 Personen, auf dem Rewe<sup>®</sup>-Parkplatz bei 60.

Die Gemeinde Korb, die Rewe<sup>®</sup> Lang OHG und die Korber Bank haben mit dem privaten Sicherheitsdienst gute Erfahrungen gemacht und für das laufende Jahr 2010 die Firma BUNK erneut beauftragt.

### 7.3 Alternativen schaffen

In Briefen<sup>81</sup> an die Gemeinde wird oft darum gebeten gegen Lärm von Jugendlichen und jungen Erwachsenen vorzugehen. Häufig werden darin bereits alternative Örtlichkeiten genannt, die außerhalb der Wohnbebauung liegen. Auch die Jugendlichen selber wünschen sich Plätze, an denen sie sich ungestört treffen können. Dies zeigte sich z.B. am 25.06.2009 bei einem der Runden Tische in Korb, die mit den Jugendlichen des Jugendhauses, den Anwohnern und den

---

<sup>81</sup> Beispiel siehe Anhang A 14 und A 15.

Gewerbetreibenden am Seeplatz abgehalten wurden. Auch das Einrichten von Jugendhäusern oder der Ausbau des Angebots kommt regelmäßig als Lösungsvorschlag auf den Tisch. So beispielsweise das Einrichten einer zweiten Sozialarbeiterstelle, in der Gemeinderatssitzung der Gemeinde Korb vom 06.11.2007.

Jugendliche und junge Erwachsene verursachen selten Lärm, wenn sie alleine sind. Regelmäßig finden sie sich in Gruppen zusammen, in denen sie die gleichen Interessen teilen, der gleichen Nationalität oder sozialen Schicht angehören, gleiche Ansichten oder eine gleiche Lebenseinstellung haben. „Die freie Zeit, die Jugendliche im öffentlichen Raum verbringen, bezieht sich überwiegend auf Aktivitäten in den Bereichen von Geselligkeit, Konsum und Sport“.<sup>82</sup> Um passende Alternativen anbieten zu können, müssen die Eigenheiten der Gruppen beachtet werden.

### **7.3.1 „Ausweichplätze“**

Für Kinder bis 14 Jahren besteht regelmäßig ein umfangreiches Angebot an Spielplätzen. Für Jugendliche gibt es keine oder nur sehr wenige Angebote dieser Art. Es stellt sich außerdem die Frage, was einen guten Platz für Jugendliche ausmacht und welche Art von Platz von ihnen angenommen wird. Auch kommt es darauf an, was für eine Gruppe gerade „Ärger macht“. Ist es beispielsweise eine Gruppe Jugendlicher, die eine öffentliche Grünanlage als Skaterplatz zweckentfremdet so ist das Schaffen eines Ausweichplatzes, genügend Grund und Boden vorausgesetzt, relativ einfach. Hier wäre dann den Jugendlichen anzubieten, auf einem gemeindeeigenen Grundstück außerhalb der Wohnbebauung, unter Umständen mit dem Bauhof zusammen, eine Skateranlage einzurichten.

Bei sich am Abend treffenden Jugendlichen und jungen Erwachsenen, die gemeinsam chillen und sich unterhalten wollen, wird die Sache schon schwieriger. Diese Gruppen werden mit größter Wahrscheinlichkeit

---

<sup>82</sup> (Herlyn), S. 26.



seltener weite Wege auf sich nehmen, um ein Alternativangebot aufzusuchen.

Ein Problem gibt es jedoch bei der Schaffung neuer Plätze: Wann ist Schluss? Findet eine Gruppe einen Platz, der ihr gefällt, bleibt sie dort und verteidigt ihn gegen andere Gruppen. Ist es gelungen, für eine „Problemgruppe“ einen Ausweichort zu schaffen so ist nicht garantiert, dass diese Gruppe den Platz annimmt. Es könnte gut sein, dass eine andere Gruppe schneller ist, den Platz belegt und verteidigt. Es hilft somit nicht wirklich, für jeden Brennpunkt nur einen Ausweichort zu schaffen, andere Gruppen könnten schneller sein. Oder der Platz könnte nicht angenommen werden, weil er unattraktiv oder schlecht erreichbar ist.

Eine weitere Idee wäre, den Jugendlichen einen Ort anzubieten, den sie sich vollständig aneignen können. Probleme hierbei sind, dass die Aneignungsbarrieren nicht vollkommen abgebaut werden können und dürfen. Die meisten Barrieren können zwar abgebaut werden, wie die juristische (Verbot, den Platz zu betreten), ökonomische (Nutzung gegen Entgelt) oder räumliche (Aneignungsverhindernde Gestaltung der Plätze)<sup>83</sup>. Die soziale Barriere kann nicht zu 100% abgebaut werden, weil sonst ohne jegliche Kontrollen ein rechtsfreier Raum geschaffen würde.

In gewissem Umfang ist das Schaffen von Ausweichmöglichkeiten sicherlich eine erste Hilfe, die Zusammenarbeit mit den Jugendlichen und jungen Erwachsenen ist in jedem Fall essentiell. Sie wollen mitentscheiden, was, wo und wie etwas für sie geschaffen oder eingerichtet wird.

### 7.3.2 Jugendhäuser

Jugendhäuser sind eine weitere Möglichkeit, den Jugendlichen eine Alternative zu den öffentlichen Plätzen zu bieten. Die Ausstattung der Jugendhäuser ist hierbei ein elementarer Faktor, der bestimmt, ob die

---

<sup>83</sup> (Herlyn), S. 30.

Jugendlichen das Angebot annehmen oder nicht. Angebote im Sport- und Multimedia-Bereich sind am beliebtesten. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Lage Jugendhäuser. Stehen sie zu zentral oder in Wohnbebauungsnähe, sind Probleme mit den Anwohnern vorprogrammiert. Stehen sie zu weit außerhalb, kommen die Jugendlichen nicht.

In Korb befindet sich das Jugendhaus am Ortsrand, ca. 700 Meter von der Ortsmitte bzw. dem Seeplatz entfernt. Umgeben wird das Jugendhaus von einem Festplatz und Tennisanlagen im Westen, einem Stadion im Süden, freiem Feld im Norden und der Straße nach Winnenden im Osten. Lediglich im Osten befinden sich einige Wohnhäuser in unmittelbarer Nähe. Allerdings befindet sich der Außenbereich des Jugendhauses westlich von dem Jugendhaus, welches den Lärm gegen die Wohnbebauung abschirmt. Im Jahr 2006 wurde in Korb eine Untersuchung durchgeführt, die das Freizeitangebot für Jugendliche in der Gemeinde untersuchen sollte. In den hierbei durchgeführten Umfragen zeigte sich, dass lediglich 8% der Korber Jugendlichen das Jugendhaus besuchen. Die Untersuchung wurde zum Anlass genommen, das Jugendhaus komplett neu zu gestalten und auszubauen. Seit der Neueröffnung verzeichnet das Jugendhaus in Korb stetig steigende Besucherzahlen.

In Weinstadt-Endersbach liegt das JuCa zentral an Bahnhof und Busbahnhof. Es verfügt über keinen Außenbereich. Nördlich verläuft die Bahnlinie, östlich liegt das alte Bahnhofsgebäude, westlich befindet sich eine hohe Böschung zum Bahndamm. Südlich, auf der anderen Straßenseite stehen die ersten Wohnhäuser. Hier gibt es regelmäßig Beschwerden der Anwohner über das Jugendcafé.

In Waiblingen gibt es neun Jugendtreffs, von denen die drei Erstgenannten sehr unproblematisch liegen. Die Villa Roller liegt zwischen Landratsamt, PD Waiblingen und der alten Bundesstraße gegenüber der ev. Michaelskirche.

Beim Berufsbildungswerk gibt es das Freizeithaus. Umgeben wird dieser Jugendtreff an drei Seiten von Schulgebäuden und freien Feldern im Westen.

Das Jugendcafé WN-Süd liegt in einem Industrie- und Gewerbegebiet.

Das Jugendhaus in Hohenacker schließt lediglich nach Süden unmittelbar an die Wohnbebauung an, nach Norden liegt ein Feld zwischen Jugendtreff und Wohnbebauung, in Ost- und Westrichtung liegen Felder.

Auf der Korber Höhe befindet sich das Jugendhaus am Ortsende, grenzt aber im Südwesten an ein Wohngebiet. Im Nordosten befindet sich ein Sportplatz.

In Beinstein liegt der Jugendtreff zentral, allerdings ein Stück von der Wohnbebauung entfernt, in einer Spiel- und Einkaufsstraße. Dort zeichnen sich bereits die ersten Reibungspunkte ab.

Die drei Jugendtreffs mit dem größeren Konfliktpotential, nach der Lage beurteilt, sind die Treffs in Hegnach, Bittenfeld und Neustadt. In Hegnach liegt der Jugendtreff in der Nähe des Hallenbades, nördlich eines Wohngebiets. In Bittenfeld befindet sich der Jugendtreff bei der Kirche im Ortszentrum und in Neustadt liegt er an der Ortsdurchgangsstraße mitten in einem Wohngebiet.

Desweiteren sind die Öffnungszeiten dieser Einrichtungen entscheidend. In der Regel haben diese bis maximal 22:00 Uhr am Abend geöffnet. Für ältere Jugendliche und junge Erwachsene stellt sich somit regelmäßig die Frage: wo hin, wenn das Jugendhaus zu macht? Korb hat, als erste der drei Gemeinden, ihr Jugendhaus am Wochenende bis 23:00 Uhr und mittwochs für die über 17 jährigen bis 22:30 Uhr geöffnet. An eine weitere Ausweitung der Öffnungszeiten in Form einer Überlassung der Räumlichkeiten an die Jugendlichen und jungen Erwachsenen gegen eine Kautions wird von Seiten der Verwaltung gedacht.

## 8 Prävention

Um Lärmbeschwerden entgegenzuwirken bzw. die Entwicklung von Lärmbrennpunkten zu erschweren, gibt es für eine Gemeinde mehrere Möglichkeiten.

Die beste Lösung für das Problem Lärm ist, wie in vielen anderen Fällen auch, es gar nicht erst aufkommen zu lassen. Hierfür können als erstes in der Stadtplanung die Voraussetzungen geschaffen werden. Aufklärung und Kooperation bilden einen weiteren wichtigen Bereich. Zuletzt bietet auch das konsequente Durchsetzen von einmal getroffenen Regeln, mit einer entsprechenden Abschreckfunktion eine Form der Prävention.

### 8.1 Stadtplanung

Städte und Gemeinden können in ihrer Stadtplanung gezielt Plätze für Jugendliche und junge Erwachsene ausweisen. Die Ausgestaltung von Treffpunkten mit Sitzmöglichkeiten z.B. bei Sportplätzen, ein Jugendhaus oder auch „nur“ das Zurverfügungstellen eines gemeindeeigenen Grundstücks für eine Skaterbahn. Viele Jugendliche sind bereit, sich aktiv in den Planungs- und Durchführungsprozess mit einzubringen<sup>84</sup>, dieses Potential sollte genutzt werden.

Jugendhäuser sollten an geeigneten Orten eingerichtet werden. Weit genug von der Wohnbebauung entfernt aber nicht zu weit außerhalb, weil sonst die Jugendlichen nicht mehr kommen. Ein zentraler Ort wäre auch denkbar, wenn keine Wohnungen in unmittelbarer Nähe liegen. Gewerbegebiete oder aber Gebiete für den Einzelhandel könnten Alternativen darstellen.

Weitere stadtplanerische Überlegungen sollten beachten, dass freie Flächen gerne als Treffpunkte fungieren. Große Kundenparkplätze

---

<sup>84</sup> (Meißner), S. 26 ff.

begünstigen erfahrungsgemäß Versammlungen. Diese Parkplätze sollten, wenn möglich nach Ladenschluss gesperrt werden können. Tore bieten sich eher an als Schranken weil letztere leichter zu überwinden sind. Ferner sollte der Einzelhandel, soweit möglich, von der Wohnbebauung getrennt werden, insbesondere Läden mit langen Öffnungszeiten. Andererseits sollten die Läden für die Anwohner auch noch gut erreichbar bleiben.

Sportanlagen sollten auch außerhalb der Wohnbebauung liegen, allerdings ebenfalls, wie der Einzelhandel, gut zu erreichen sein. Sie verursachen von ihrer Nutzung her schon Geräusche, weshalb es eine Überlegung wert wäre dort gleich noch einen Jugendtreffpunkt einzurichten. Die Jugendlichen könnten sich so problemlos treffen, die Sportanlagen nutzen und würden dabei niemanden übermäßig stören.

Öffentliche Plätze können, auch im Nachhinein, in einer Art ausgeleuchtet werden, die sie für den längerfristigen Aufenthalt ungemütlich machen. Diese Maßnahme steht aber unter Umständen im Widerspruch zu der geplanten Nutzung der Plätze als Orte der Begegnung.

Ein weiterer Punkt, der zurzeit in der Gemeinde Korb untersucht wird, ist, ob der Haltepunkt des Nachtbusses unter Umständen Auswirkungen auf die Lärmentwicklung haben kann. Bisher lag die Haltestelle am Seeplatz und hat somit an den Wochenenden und mitten in der Nacht verstärkt für zusätzliche Besucher gesorgt. Seit dem 10. September 2010 wird der Nachtbus versuchsweise umgeleitet und hält an zwei anderen Stellen im Gemeindegebiet.

## **8.2 Einbeziehen der Betroffenen und Störer**

Wenn die Gefahr besteht, dass an einem Ort ein Brennpunkt im Entstehen ist oder schon besteht, ist es sinnvoll, vor Ergreifen von Maßnahmen die Betroffenen und die Störer an einen Tisch zu holen und nach einer verbindlichen Lösung zu suchen. Den Jugendlichen ist anzutragen,

Verständnis für die Anwohner und ihre Situation zu entwickeln. Den Anwohnern sind die Lage und die Bedürfnisse der Jugendlichen nahezubringen. Die Jugendlichen sollen rücksichtsvoller und die Anwohner verständnisvoller werden. Zu bedenken ist, dass nicht immer nur die Jugendlichen, die aus der Gemeinde stammen den Lärm verursachen. Zum Teil sind es auch Jugendliche und junge Erwachsene von außerhalb. Die Jugendlichen sollen gefragt werden, was sie sich wünschen oder als mögliche Alternativorte vorstellen können. Die Anwohner, womit sie leben können. Zusagen dürfen von Seiten der Verwaltung aber nur dann gemacht werden, wenn sie auch eingehalten werden können. Die Jugendlichen sollen wenn möglich mit in die Planung und Durchführung der Wünsche einbezogen werden. Viele Jugendliche wollen Helfen und Mitbestimmen.<sup>85</sup>

Des Weiteren können die Jugendlichen auf bereits bestehende Alternativen oder Städtische Angebote hingewiesen werden. Vereine bieten in vielen Gemeinden ein großes Angebot für Jugendliche. Leider nicht in den späten Abend- und Nachtstunden, in denen die meisten Probleme auftauchen.

Da die Jugendlichen von heute die jungen Erwachsenen von morgen sind, bietet sich außerdem eine Projektarbeit mit den Schulen, insbesondere der SMV an. Um den Bedarf und die Wünsche der Jugendlichen und jungen Erwachsenen ermitteln zu können, können beispielsweise Fragebögen verteilt werden. Ein Zusammenkommen der Schulvertreter, der SMV und möglicherweise den Klassensprechern mit den Jugendhausmitarbeitern und dem Jugendgemeinderat kann zu weiteren Ideen für die Zusammenarbeit der Gemeinde mit den Schulen führen. Die Bildung einer Jugendvertretung im Gemeinderat oder ein eigenständiger Jugendgemeinderat bieten umfangreiche Möglichkeiten, die Jugend in die Gemeindearbeit einzubeziehen und bei allen, die Jugendlichen betreffenden Entscheidungen zu beteiligen.

---

<sup>85</sup> (Meißner), S. 17.

### 8.3 Zusammenarbeit mit der Polizei

Keine Verwaltung weiß automatisch, was nach Dienstschluss in der Gemeinde passiert. Bei vielen Lärmbeschwerden, die überwiegend am Abend und in der Nacht auftreten, rufen die Bürger die Polizei. „Größere Fälle“ meldet die Polizei am nächsten Morgen an die Verwaltung, „kleinere“ hingegen nicht. Eine Möglichkeit, Lärmprobleme frühzeitig zu erkennen, ist die enge Zusammenarbeit mit der Polizei.

Wenn Störer mehrmals erwischt und selbst nach einer schriftlichen Verwarnung erneut auffällig werden, müssen für sie ernste Konsequenzen folgen. Bei Jugendlichen Störern ist zudem zu überlegen, die Verwarnung zusammen mit einem „Blauen Brief“, aus dem der genaue Vorfall ersichtlich ist, an die Eltern zu schicken.

Die Voraussetzung für ein Ordnungswidrigkeitsverfahren ist das Feststellen der Personalien des Störers, was bei akuten Störungen nur die Polizei machen kann. Die Personalien sollen dann, zusammen mit einer Ordnungswidrigkeitenanzeige des Betroffenen an die Gemeinde weitergeleitet werden. Den Betroffenen soll nahe gelegt werden, dass nur eine Anzeige weiterreichende Konsequenzen, also ein Bußgeld, für den Störer zur Folge hat. Das bisher bestehende Problem, weshalb recht wenige Ordnungswidrigkeiten angezeigt werden, besteht wohl darin, dass die Betroffenen in der Anzeige als Zeugen genannt werden. Sie befürchten, dass der von ihnen Angezeigte sich an ihnen „rächen“ könnte. Um den Betroffenen diese Angst zu nehmen, müsste rechtlich geprüft werden, ob eine Anonymisierung der persönlichen Daten des Zeugen möglich wäre.

Für das frühzeitige Erkennen von Plätzen mit Brennpunktpotential wäre es sicher hilfreich, wenn die Polizei einmal im Monat oder in einem anderen, praktikablen Zeitraum, der Verwaltung eine Zusammenstellung über alle Einsätze im Gemeindegebiet, die mit Lärm zu tun hatten, zur Verfügung stellt. Denkbar wäre ein Computerprogramm, das aus der Datenbank alle

diese Fälle herausfiltert. Heute würde ein solches Verfahren allerdings noch daran scheitern, dass die Einsatzberichte unterschiedliche Begriffe für dieselben Fälle verwenden. So können auf Lärm bezogene Fälle u.a. unter „Ruhestörung“, „Lärm“, „Randalierer“ oder „Ruhe“ zu finden sein.

## 9 Resümee

Der Lärm, der eine Beschwerde auslöst, lässt sich nicht messen. Trotzdem ist es dem Gesetzgeber gelungen, über den Umweg Schall mit dem BImSchG und der TA Lärm eine Grundlage zu schaffen, um Lärm zu bewerten und Grenzwerte festzulegen. Der Geltungsbereich beschränkt sich dabei aber auf den von Anlagen ausgehenden Lärm.

Freizeitlärm fällt hier nicht darunter, und erst recht nicht der von Jugendlichen und jungen Erwachsenen, also Menschen, erzeugte Lärm. Somit gibt es kein rechtlich verbindliches Mess- oder Beurteilungsverfahren für Lärmgrenzwerte um die Zumutbarkeit solcher Geräuschemissionen festzustellen. Bei einem Rechtsstreit bleibt es daher allein der umfassenden Würdigung aller Umstände durch den Richter vorbehalten, die Zumutbarkeit und Erheblichkeit zu beurteilen. Die Freizeitlärmrichtlinie als geeignetes technisches Regelwerk kann hierbei als Orientierungshilfe dienen.

Soll gegen Lärm durch Jugendliche und junge Erwachsene von Seiten der Verwaltung vorgegangen werden, so sind die Möglichkeiten recht beschränkt. Neben dem § 117 OWiG greift zurzeit noch am ehesten der Erlass und die Durchsetzung einer Benutzungsordnung. Als letzte Notlösung kommt dann noch der Einsatz von privaten Sicherheitsfirmen in Betracht.

Spätestens jetzt ist es an der Zeit, bei der Verwaltung über tragfähige und dauerhafte Lösungen nachzudenken. Ein Vertreiben der Jugendlichen und jungen Erwachsenen ohne Alternative ist sicher nicht die beste Lösung.



Hier wird sich das Problem meist nur verlagern. Aber auch Alternativen sind nicht einfach zu schaffen und immer von den örtlichen Gegebenheiten und Möglichkeiten abhängig. Zudem müssen diese Alternativen dann auch von der jeweiligen Gruppe angenommen werden.

Das Einbeziehen aller Beteiligten in einen Lösungsversuch ist deshalb immer sinnvoll. In der Praxis ist dies aber gar nicht so einfach, da die Belästigungen auch von Störern ausgehen können, die von außerhalb kommen. Mit einem Fahrzeug spielen Entfernungen heute keine große Rolle mehr. So kommt es dann vor, dass Ortsansässige die angebotenen Alternativen nutzen, die Beschwerden aber nicht weniger werden.

In Waiblingen und Umgebung gibt es etliche Jugendhäuser oder ähnliche Einrichtungen. Dies ist sicher eine Alternative für die jüngeren Jugendlichen. Diese Einrichtungen schließen im Regelfall um 22 Uhr – spätestens da stellt sich dann bei den älteren die Frage: „Wohin gehen wir jetzt“?

Am Seeplatz in Korb, dem örtlichen Schwerpunkt dieser Arbeit, beginnt zurzeit die Umsetzung der geplanten Maßnahmen. Ob sich die erhofften Erfolge einstellen, wird wohl aus der Bachelorarbeit hervorgehen, die von fünf Studenten der HVF Ludwigsburg im Jahr 2011, speziell zum Thema Seeplatz in Korb erstellt wird.

Aus meiner Sicht ist es viel effektiver, der Prävention mehr Gewicht einzuräumen. Die Untersuchung der Beschwerdebrennpunkte in der Umgebung von Waiblingen zeigt auf, dass einzelne Kriterien für ihre Entstehung ursächlich sein können. Sobald innerhalb einer dichten Wohnbebauung ein zum Aufenthalt geeigneter, abends und nachts unbenützter Platz entsteht, sollte von Seiten der Verwaltung bereits an vorbeugende Maßnahmen gegen missbräuchliche Nutzung gedacht werden. Die Notwendigkeit hier vorbeugend tätig zu werden steigt noch, wenn der Platz verkehrsgünstig liegt und in der Nähe Einkaufsmöglichkeiten bestehen. Hier ist dann eine enge Zusammenarbeit

zwischen dem Eigentümer des Grundstücks und der Verwaltung angesagt.

Trotz aller Vorbeuge- und Vorsichtsmaßnahmen kann Lärm durch Jugendliche oder junge Erwachsene nicht komplett verhindert werden. Beschwerden werden somit auch weiterhin bei der Verwaltung eingehen. Für diesen Fall ist als praktisches Ergebnis dieser Bachelorarbeit eine Arbeitshilfe zur Beschwerdebearbeitung beigelegt.

## 10 Arbeitshilfe

Das folgende Ablaufdiagramm zeigt den Teilprozess „Bearbeitung von Beschwerden wegen Lärm, der von Jugendlichen oder jungen Erwachsenen verursacht wird“.

Nachstehende Teilschritte sind dafür notwendig:

- 1) Prüfen, ob die eingegangene Beschwerde als Anzeige zu bearbeiten ist.

Falls zutreffend weiter zum Teilprozess „Anzeige bearbeiten“.

*Die gesamte Anzeigebearbeitung ist ein eigener Teilprozess, der hier nicht behandelt wird.*

- 2) Prüfen, ob es in der näheren Umgebung zum Beschwerdeort weitere Beschwerden gibt.

Falls unzutreffend neue Akte anlegen, weiter zu Übergangsstelle „B1“.

Falls zutreffend, bestehende Fälle sichten.

- 3) Untersuchen, ob es sich von der Art her um einen vollkommen neuen Fall handelt oder um einen Fall, der bereits in gleicher oder ähnlicher Form bearbeitet wurde. Lärmverursacher feststellen (lassen).

Ist der vorliegende Fall mit vorhandenen Fällen nicht vergleichbar, neue Akte anlegen und weiter zu Übergangsstelle „B1“.

Bei vergleichbaren Fällen entscheiden, ob eine neue Akte angelegt werden muss oder auf alte Fälle aufgebaut werden kann/muss.

- 4) Prüfen, ob sich nur ein Beschwerdeführer über den Fall beschwert.

Falls unzutreffend weiter zu Übergangsstelle „B2“

*„Querulantentest“ Wenige Beschwerden von mehreren Personen weisen stärker auf ein Problem hin als viele „Beschwerden“ einer einzelnen Person.*

- 5) Nach Rücksprache mit der Polizei entscheiden, ob die Beschwerde gerechtfertigt ist. Hat die Polizei keine Anhaltspunkte für eine Lärmbelästigung, den Beschwerdeführer mit einem freundlichen Brief „zufriedenstellen“.

Bei berechtigter Beschwerde weiter zu Übergangsstelle „B2“

- 6) Weitere Informationen einholen. Prüfen, ob daraus ein neuer Beschwerdebrennpunkt entstehen könnte. Falls zutreffend, weiter zu Übergangsstelle „B2“.

Falls unzutreffend den Beschwerdeführer mit einem freundlichen Brief „zufriedenstellen“.

*Dies ist die Weiterbearbeitung der Übergangsstelle „B1“ aus den Teilschritten 2 und 3. Hier werden die Fälle bearbeitet, die komplett neu sind oder Fälle in altem Umfeld, die jetzt in geänderter Form, z.B. anderen Lärmverursachern, auftreten. Dabei beachten, dass sich mancher Beschwerdegrund mit Beginn der kalten Jahreszeit von selbst erledigt.*

- 7) Prüfen auf zeitliche Häufung und Anzahl. Bei sehr wenigen Fällen im Jahr und großen zeitlichen Abständen zwischen den Beschwerden den Beschwerdeführer mit einem freundlichen Brief „zufriedenstellen“. Prüfen, ob der Fall noch akut ist. Sollte sich die Beschwerde auf einen länger zurückliegenden Fall beziehen, dem Beschwerdeführer freundlich zurückschreiben mit der Bitte, sich das nächste Mal früher zu melden; für aktuelle Probleme an die Polizei verweisen.

Wenn Fälle nicht zeitlich gehäuft auftreten, der vorliegende Fall aber akut ist, den Beschwerdeführer bitten, die Polizei zu benachrichtigen und selbst die Polizei um verstärkte Kontrollen bitten.

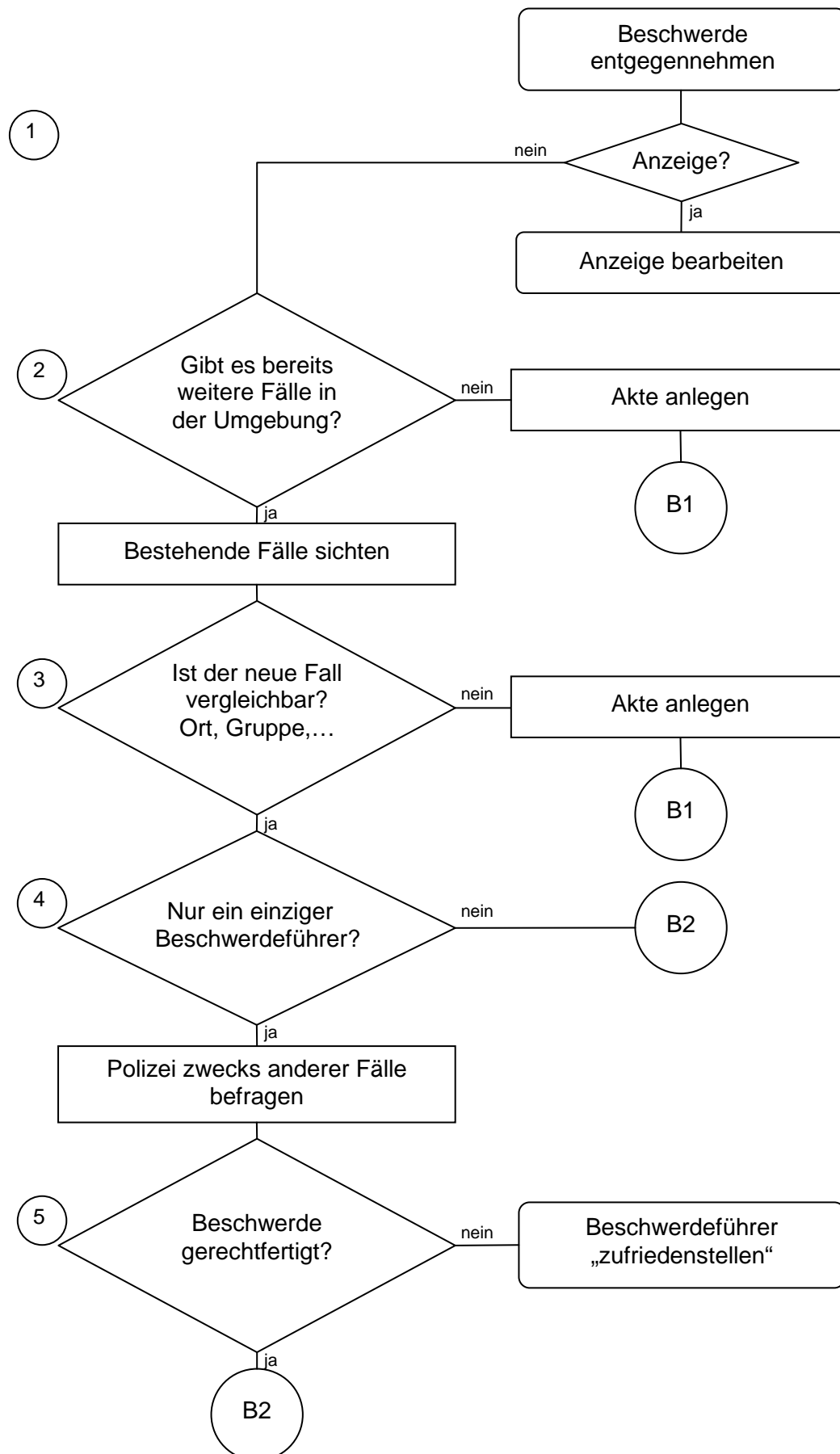
Wenn der Fall akut ist und mit zeitlicher Häufung auftritt, weitere Informationen einholen, Örtlichkeit in Augenschein nehmen und (Jugend-) Sozialarbeiter einbinden. Dazu Alter der Störer in Erfahrung bringen.

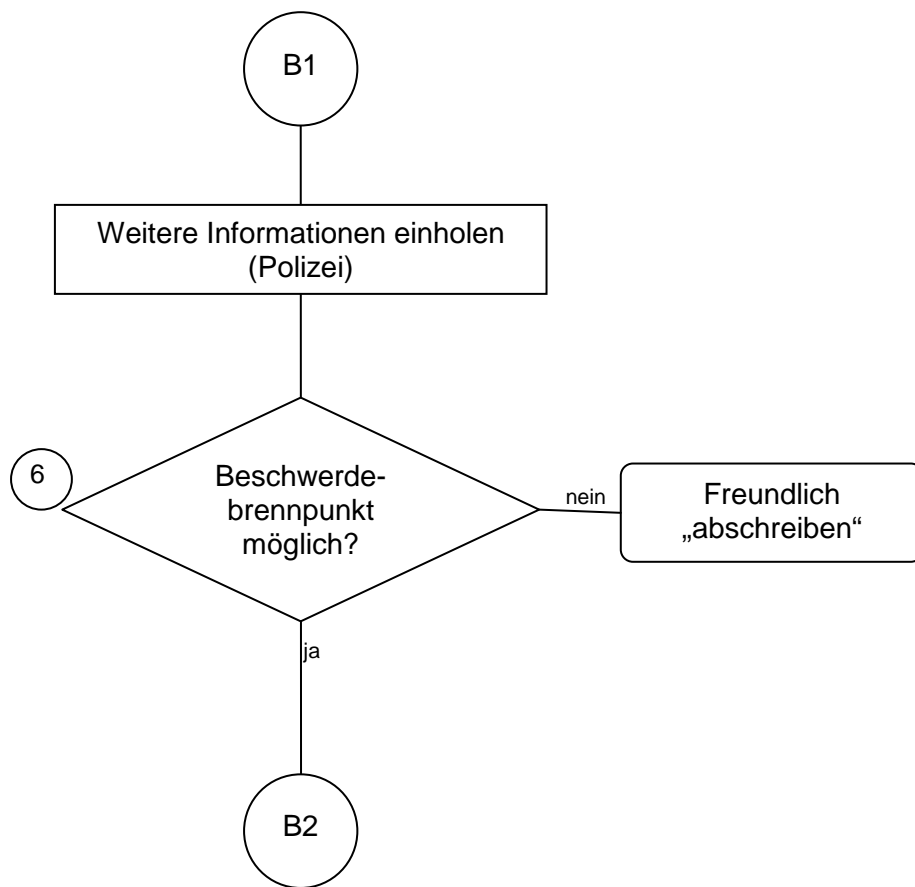
*Hier erfolgt die Weiterbearbeitung der Übergangsstelle „B2“ aus den Prüfschritten 4 – 6.*

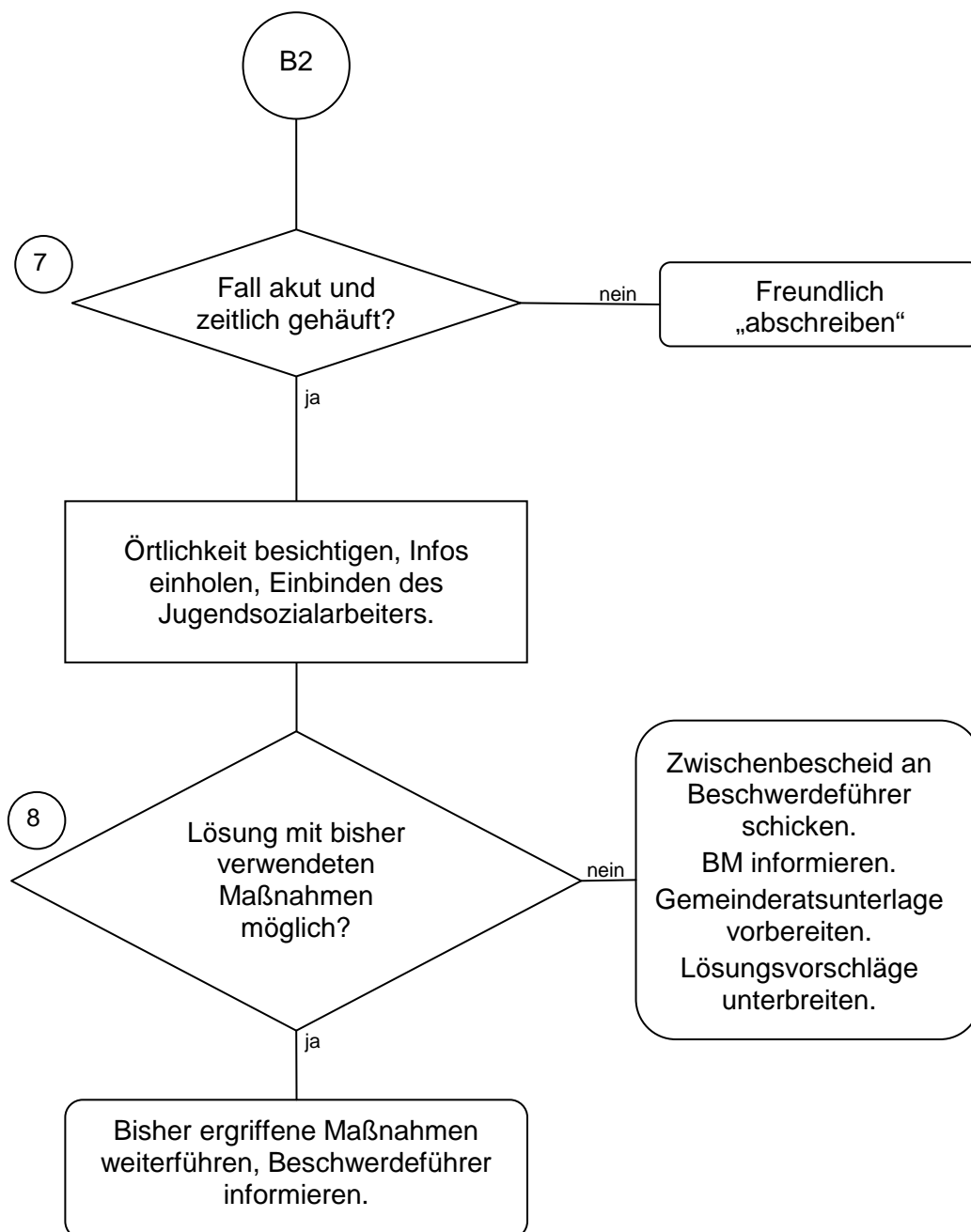
*Aus Prüfschritt 4 kommend werden hier Beschwerden von mehreren unterschiedlichen Beschwerdeführern mit vergleichbaren Fällen aus der Vergangenheit und weiteren Fällen in der Umgebung bearbeitet. Des Weiteren Beschwerden aus Prüfschritt 5 kommend, bei einem Beschwerdeführer mit mehrmaligen, berechtigten Beschwerden. Hierbei werden die ausschließlich bei der Polizei eingegangenen Beschwerden mit berücksichtigt. Aus Prüfschritt 6 kommen potentielle Beschwerdebrennpunkte und somit alle Fälle, die komplett neu sind oder Fälle in altem Umfeld, die jetzt in geänderter Form auftreten.*

- 8) Prüfen, ob der Beschwerdefall mit den bisher angewandten Maßnahmen gelöst werden kann. Falls zutreffend diese anwenden bzw. weiterführen und den Beschwerdeführer davon unterrichten. Falls dies nicht möglich ist oder nicht mehr sinnvoll erscheint, den Bürgermeister informieren und den Vorgang dem Gemeinderat vorlegen. Dazu Gemeinderatsunterlagen vorbereiten, Lösungsmöglichkeiten ausarbeiten und unterbreiten. Zwischenbescheid an Beschwerdeführer senden.

*Hier werden die akuten und zeitlich gehäuft auftretenden Beschwerden bearbeitet.*









## 11 Anlagen

- A 1     Mach dich schlau vor dem Radau.**  
(zitiert: **(Bundesverband)**, Anlage A 1).
- A 2     TA Lärm**  
(zitiert: **(Umweltbundesamt 1998)**, Anlage A 2).
- A 3     Umweltbedingte Lärmwirkungen**  
(zitiert: **(Umweltbundesamt)**, Anlage A 3).
- A 4     Lärmwirkungen - Dosis-Wirkungsrelationen**  
(zitiert: **(Giering)**, Anlage A 4).
- A 5     Lärmbelästigung in Baden-Württemberg**  
(zitiert: **(Landesanstalt für Umwelt)**, Anlage A 5).
- A 6     Arzneimittelverbrauch als Indikator**  
(zitiert: **(Geiser)**, Anlage A 6).
- A 7     Epidemiologische Untersuchung**  
(zitiert: **(Maschke)**, Anlage A 7).
- A 8     Economic Valuation of Noise**  
(zitiert: **(Navrud)**, Anlage A 8).
- A 9     Grundzüge des Immissionsschutzrechts**  
(zitiert: **(Wöckel)**, Anlage A 9).
- A 10    Erfolg durch Normierung**  
(zitiert: **(DIN)**, Anlage A 10).
- A 11    Nachbarschaftslärm**  
(zitiert: **(Umweltbundesamt)**, Anlage A 11).
- A 12    An wen kann ich mich wenden?**  
(zitiert: **(Senat Berlin)**, Anlage A 12).

**A 13 Einfluss von Verkehrslärm auf den Bodenwert**

(zitiert: **(Borowski)**, Anlage A 13).

**A 14 Beschwerdebrief 1**

**A 15 Beschwerdebrief 2**

**A 16 Jugendarbeits-Leasing in Korb**

(zitiert: **(Meißner)**, Anlage A 16).

**A 17 Polizeiverordnung Waiblingen**

(zitiert: **(Stadt Waiblingen)**, Anlage A 17).

**A 18 Polizeiverordnung Reutlingen**

(zitiert: **(Stadt Reutlingen)**, Anlage A 18).

**Alle Anlagen befinden sich auf der CD**

## 12 Literaturverzeichnis

**Bobran, Hans W.:**

Handbuch der Bauphysik. 8. überarbeitete und erweiterte Auflage, 2010,  
(zitiert als (Bobran)).

**Borowski, Anne-K.:**

Einfluss von Verkehrslärm auf den Bodenwert und auf den Verkehrswert von Eigentumswohnungen, 2006;  
<http://www.sv-borowski.de/verkehrslaermartikel.pdf> [07.07.2010],  
(zitiert als (Borowski), Anlage A 13).

**Bosshardt, Hans-Georg:**

Subjektive Realität und konzeptuelles Wissen, 1988,  
(zitiert als (Bosshardt)).

**Bundesverband der Gartenfreunde e.V.:**

Mach dich schlau vor dem Radau!, 2007;  
<http://www.kleingartenbund.de/download.php?action=doDownload&filetype=file&filenr=98> [27.06.2010],  
(zitiert als (Bundesverband), Anlage A 1).

**DIN 1320:**

Akustik- Begriffe, (12.2009),  
(zitiert als (DIN 1320)).

**DIN EN 61672-1:**

Elektroakustik- Schallpegelmesser Teil 1: Anforderungen, (01.2003),  
(zitiert als (DIN EN 61672-1)).

**DIN EN 60651:**

Schallpegelmesser (zurückgezogen), (05.1994),  
(zitiert als (DIN EN 60651)).

**DIN:**

Erfolg durch Normierung, 2010;  
<http://www.din.de> [17.08.2010],  
(zitiert als (DIN), Anlage A 10).

**Geiser, Eberhard/ Janhsen, Katrin/ Greiser, Claudia:**

Beeinträchtigung durch Fluglärm: Arzneimittelverbrauch als Indikator für gesundheitliche Beeinträchtigungen, 2007;  
<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3153.pdf> [14.07.2010],  
(zitiert als (Geiser), Anlage A 6).

**Giering, Kerstin:**

Lärmwirkungen - Dosis-Wirkungsrelationen, 2010;  
[http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql\\_medien.php?anfrage=Kennummer&Suchwort=3917](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennummer&Suchwort=3917) [28.06.2010],  
(zitiert als (Giering), Anlage A 4).

**Herlyn, Ulfert/ von Seggern, Hille/u.a.:**

Jugendliche in öffentlichen Räumen der Stadt, 2003,  
(zitiert als (Herlyn)).

**Jarass, Hans D.:**

Bundes- Immissionsschutzgesetz (BImSchG), 8. Auflage 2010,  
(zitiert als (Jarass)).

**Kloepfer, Michael/ Griefahn, B./u.a.:**

Leben mit Lärm?, 2006,  
(zitiert als (Kloepfer)).

**Landesanstalt für Umwelt:**

Lärmbelästigung in Baden-Württemberg, 2004;  
<http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/5626/laermumfrage.pdf?command=downloadContent&filename=laermumfrage.pdf> [23.06.2010],  
(zitiert als (Landesanstalt für Umwelt), Anlage A 5).

**Landmann, Robert von/ Rohmer, Gustav:**

Umweltrecht, 56. Ergänzungslieferung, 2009,  
(zitiert als (Landmann)).

**Margraf, Jürgen/ Müller-Spahn, Franz, Hrsg.:**

Psychyrembel, Psychiatrie, Klinische Psychologie, Psychotherapie,  
259. neu bearbeitete Auflage, 2009,  
(zitiert als (Margraf)).

**Maschke, Christian/ Wolf, Ute/ Leitmann, Thilo:**

Epidemiologische Untersuchung zum Einfluss von Lärmstress auf  
das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose, 2003;  
[http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql\\_medien.php?anfrage=Kennummer&Suchwort=2256](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennummer&Suchwort=2256) [02.07.2010],  
(zitiert als (Maschke), Anlage A 7).

**Maue, Jürgen H.:**

0 Dezibel + 0 Dezibel = 3 Dezibel, 9. neu bearbeitete und erweiterte  
Auflage, 2009,  
(zitiert als (Maue)).

**Meißner, Margit:**

Jugendarbeits-Leasing in Korb, 2007,  
(zitiert als (Meißner), Anlage A 16).

**Müller, Alexander:**

Schallschutz in der Praxis, 2009,  
(zitiert als (A. Müller)).

**Navrud, Ståle:**

*The State-Of-The-Art on Economic Valuation of Noise*, 2002;  
[http://www.cevreselgurultu.cevreorman.gov.tr/dosya/background\\_information/noise\\_monetisation\\_EU\\_WG\\_HSAE.pdf](http://www.cevreselgurultu.cevreorman.gov.tr/dosya/background_information/noise_monetisation_EU_WG_HSAE.pdf) [02.08.2010],  
(zitiert als (Navrud), Anlage A 8).

**Schick, August:**

Akustik zwischen Physik und Psychologie, 1981,  
(zitiert als (Schick 1981)).

**Schick, August:**

Schallwirkung aus psychologischer Sicht, 1979,  
(zitiert als (Schick 1979)).

**Senat Berlin:**

An wen kann ich mich im Fall einer Ruhestörung wenden?, 2010;  
<http://www.berlin.de/sen/umwelt/umweltratgeber/de/laerm/anwen.shtml>  
[17.08.2010],  
(zitiert als (Senat Berlin), Anlage A 12).

**Stadt Reutlingen:**

Polizeiverordnung, 2006;  
[http://www.stadtverwaltung-reutlingen.de/internet/stadtrecht.nsf/f9ba9386bf2dbb79c12572bb000f0f9e/e10600a4a0acdd2cc12573ad004f407d/\\$FILE/1.10\\_Polizeiverordnung.pdf](http://www.stadtverwaltung-reutlingen.de/internet/stadtrecht.nsf/f9ba9386bf2dbb79c12572bb000f0f9e/e10600a4a0acdd2cc12573ad004f407d/$FILE/1.10_Polizeiverordnung.pdf),  
(zitiert als (Stadt Reutlingen), Anlage A 18).

**Stadt Waiblingen:**

*Polizeiverordnung*, 2009;  
<http://www.waiblingen.de/sixcms/media.php/7/Polizeiverordnung2009.pdf>,  
(zitiert als (Stadt Waiblingen), Anlage A 17).

**Stauss, Bernd/ Wolfgang Seidel:**

Beschwerdemanagement, 4. vollständig überarbeitete Auflage, 2007,  
(zitiert als (Stauss)).

**Umweltbundesamt:**

Nachbarschaftslärm, 2010;  
<http://www.umweltbundesamt.de/laermprobleme/hauptlaermquellen/nachbarschaftslaerm.html> [17.08.2010],  
(zitiert als (Umweltbundesamt 2010), Anlage A 11).

**Umweltbundesamt:**

*Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm vom 26.08.1998, (GMBI S.503) - TA Lärm;*  
<http://www.umweltbundesamt.de/laermprobleme/publikationen/talaerm.pdf>  
[17.06.2010],  
(zitiert als (Umweltbundesamt 1998), Anlage A 2).

**Umweltbundesamt/ Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit:**

Umweltbedingte Lärmwirkungen, Drucksache 14/2300, 1999;  
[http://www.apug.de/archiv/pdf/sru\\_laerm.pdf](http://www.apug.de/archiv/pdf/sru_laerm.pdf) [21.06.2010],  
(zitiert als (Umweltbundesamt 1999), Anlage A 3).

**VDI Richtlinie 2058 Bl.1:**

Beurteilung von Arbeitslärm in der Nachbarschaft, (09.1985),  
(zitiert als (VDI Richtlinie 2058 Bl.1)).

**VDI Richtlinie 2058 Bl.3:**

Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten, (02.1999),  
(zitiert als (VDI Richtlinie 2058 Bl.3)).

**Willems, Wolfgang M./ Schild, Kai/ u.a.:**

Formeln und Tabellen Bauphysik, 2. aktualisierte und erweiterte Ausgabe, 2010,  
(zitiert als (Willems)).

**Wöckel, Holger:**

Grundzüge des Immissionsschutzrechts, 2008;  
[http://www.jura.uni-freiburg.de/institute/ioeffr3/forschung/papers/woeckel/FZUR\\_Immissionsschutzrecht.pdf](http://www.jura.uni-freiburg.de/institute/ioeffr3/forschung/papers/woeckel/FZUR_Immissionsschutzrecht.pdf) [15.06.2010],  
(zitiert als (Wöckel), Anlage A 9).

## 13 Erklärung

### Erklärung

„Ich versichere, dass ich diese Bachelorarbeit selbständig und nur unter Verwendung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe.“

13.09.2010, Sonja Schimonowitsch



» **Lärm ist immer das, was von den anderen kommt**, und das nervt zumeist. Man selbst hingegen verursacht höchstens mal Geräusche, die eben unausweichlich sind. Die subjektive, psychologische Komponente ist es, die das Problem so schwer fassbar macht – im Verhältnis zu den Gartennachbarn ebenso wie gegenüber Behörden und Gerichten.

» **Auf Gartenfeten geht es schnell mal hoch her**, vor allem dann, wenn zu elektrisch verstärkter Musik gefeiert wird und die Lautstärke der Stimme

## Mach dich schlau vor dem Radau!

unter Alkoholeinfluss steigt. Je nach Windrichtung kann die von den Schallwellen überbrückte Distanz einige Kilometer betragen. Sicher aber erreicht sie die Gartennachbarn.

» **Holz zerkleinert mit der Axt heute kaum noch jemand**. Dafür gibt es wie für viele andere Arbeiten elektrische Gartengeräte. Doch fast jedes elektrisch oder mit einem Verbrennungsmotor betriebene Gerät kann Nachbarn zur Weißglut bringen. Damit die Ruhe und Erholung im Garten nicht zu kurz kommt, ist die Einsatzzeit von elektrischen Helfern eingeschränkt.

» **Gesetzlich geregelt ist der Einsatz solcher Helfer** in der Geräte- und Maschinenlärmverordnung und den Satzungen der Kommunen. Lärmbelästigung durch laute Geräusche ahndet das Ordnungswidrigkeiten-Gesetz der Länder. Danach handelt ordnungswidrig, wer ohne berechtigten Anlass oder in einem unzulässigen oder nach den Umständen vermeidbaren Ausmaß Lärm erregt, der geeignet ist, die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft erheblich zu belästigen.

» **Für Gartenfreunde sollte die gegenseitige Rücksichtnahme** und damit die Lärmvermeidung selbstverständlich sein. Für sie sind die im Kleingärtnerverein geltenden Regeln ausdrücklich in der Gartenordnung und durch Beschlüsse der Vereinsgremien geregelt.

» **Klappt es mal nicht, hilft das Gespräch** mit dem Gartennachbarn. Nehmen Sie Rücksicht, und bitten Sie Ihren Nachbarn um Rücksicht. Stößt man dabei nicht auf offene Ohren, hilft der Vorstand als Vermittler.



# Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm)

Vom 26. August 1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503)

Nach § 48 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) vom 15. März 1974 (BGBl. I S.721) in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. Mai 1990 (BGBl. I S.880) wird nach Anhörung der beteiligten Kreise folgende Allgemeine Verwaltungsvorschrift erlassen:

## Inhaltsübersicht

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>1. Anwendungsbereich</b></p> <p><b>2. Begriffsbestimmungen</b></p> <p>2.1 Schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche</p> <p>2.2 Einwirkungsbereich einer Anlage</p> <p>2.3 Maßgeblicher Immissionsort</p> <p>2.4 Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung; Fremdgeräusche</p> <p>2.5 Stand der Technik zur Lärminderung</p> <p>2.6 Schalldruckpegel <math>L_{AF}(t)</math></p> <p>2.7 Mittelungspegel <math>L_{Aeq}</math></p> <p>2.8 Kurzzeitige Geräuschspitzen</p> <p>2.9 Taktmaximalpegel <math>L_{AFT}(t)</math>, Taktmaximal-Mittelungspegel <math>L_{AFTeq}</math></p> <p>2.10 Beurteilungspegel <math>L_r</math></p> <p><b>3. Allgemeine Grundsätze für genehmigungsbedürftige Anlagen</b></p> <p>3.1 Grundpflichten des Betreibers</p> <p>3.2 Prüfung der Einhaltung der Schutzpflicht</p> <p>3.2.1 Prüfung im Regelfall</p> <p>3.2.2 Ergänzende Prüfung im Sonderfall</p> <p>3.3 Prüfung der Einhaltung der Vorsorgepflicht</p> <p><b>4. Allgemeine Grundsätze für die Prüfung nicht genehmigungsbedürftiger Anlagen</b></p> <p>4.1 Grundpflichten des Betreibers</p> <p>4.2 Vereinfachte Regelfallprüfung</p> <p>4.3 Anforderungen bei unvermeidbaren schädlichen Umwelteinwirkungen</p> | <p><b>5. Anforderungen an bestehende Anlagen</b></p> <p>5.1 Nachträgliche Anordnungen bei genehmigungsbedürftigen Anlagen</p> <p>5.2 Anordnungen im Einzelfall bei nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen</p> <p>5.3 Mehrere zu einer schädlichen Umwelteinwirkung beitragende Anlagen unterschiedlicher Betreiber</p> <p><b>6. Immissionsrichtwerte</b></p> <p>6.1 Immissionsrichtwerte für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden</p> <p>6.2 Immissionsrichtwerte für Immissionsorte innerhalb von Gebäuden</p> <p>6.3 Immissionsrichtwerte für seltene Ereignisse</p> <p>6.4 Beurteilungszeiten</p> <p>6.5 Zuschlag für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit</p> <p>6.6 Zuordnung des Immissionsortes</p> <p>6.7 Gemengelagen</p> <p>6.8 Ermittlung der Geräuschimmissionen</p> <p>6.9 Messabschlag bei Überwachungsmessungen</p> <p><b>7. Besondere Regelungen</b></p> <p>7.1 Ausnahmeregelung für Notsituationen</p> <p>7.2 Bestimmungen für seltene Ereignisse</p> <p>7.3 Berücksichtigung tieffrequenter Geräusche</p> <p>7.4 Berücksichtigung von Verkehrsgeräuschen</p> <p><b>8. Zugänglichkeit der Norm- und Richtlinienblätter</b></p> <p><b>9. Aufhebung von Vorschriften</b></p> <p><b>10. Inkrafttreten</b></p> <p><b>Anhang Ermittlung der Geräuschimmissionen</b></p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Im 4.1.1

### 1. Anwendungsbereich

Diese Technische Anleitung dient dem Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche sowie der Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche.

Sie gilt für Anlagen, die als genehmigungsbedürftige oder nicht genehmigungsbedürftige Anlagen den Anforderungen des Zweiten Teils des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) unterliegen, mit Ausnahme folgender Anlagen:

- a) Sportanlagen, die der Sportanlagenlärmschutzverordnung (18. BImSchV) unterliegen,
- b) sonstige nicht genehmigungsbedürftige Freizeitanlagen sowie Freiluftgaststätten,
- c) nicht genehmigungsbedürftige landwirtschaftliche Anlagen,
- d) Schießplätze, auf denen mit Waffen ab Kaliber 20 mm geschossen wird,
- e) Tagebaue und die zum Betrieb eines Tagebaus erforderlichen Anlagen,
- f) Baustellen,
- g) Seehafenumschlagsanlagen,
- h) Anlagen für soziale Zwecke.

Die Vorschriften dieser Technischen Anleitung sind zu beachten

- a) für genehmigungsbedürftige Anlagen bei
  - aa) der Prüfung der Anträge auf Erteilung einer Genehmigung zur Errichtung und zum Betrieb einer Anlage (§ 6 Abs. 1 BImSchG) sowie zur Änderung der Lage, der Beschaffenheit oder des Betriebs einer Anlage (§ 16 Abs. 1, auch in Verbindung mit Abs. 4 BImSchG),
  - bb) der Prüfung der Anträge auf Erteilung einer Teilgenehmigung oder eines Vorbescheids (§§ 8 und 9 BImSchG),
  - cc) der Entscheidung über nachträgliche Anordnungen (§ 17 BImSchG) und
  - dd) der Entscheidung über die Anordnung erstmaliger oder wiederkehrender Messungen (§ 28 BImSchG);
- b) für nicht genehmigungsbedürftige Anlagen bei
  - aa) der Prüfung der Einhaltung des § 22 BImSchG im Rahmen der Prüfung von Anträgen auf öffentlich-rechtliche Zulassungen nach anderen Vorschriften, insbesondere von

Anträgen in Baugenehmigungsverfahren,

- bb) Entscheidungen über Anordnungen und Untersagungen im Einzelfall (§§ 24 und 25 BImSchG);
- c) für genehmigungsbedürftige und nicht genehmigungsbedürftige Anlagen bei der Entscheidung über Anordnungen zur Ermittlung von Art und Ausmaß der von einer Anlage ausgehenden Emissionen sowie der Immissionen im Einwirkungsbe-  
reich der Anlage (§ 26 BImSchG).

Ist für eine nicht genehmigungsbedürftige Anlage aufgrund einer Rechtsverordnung nach § 23 Abs. 1a BImSchG antragsgemäß ein Verfahren zur Erteilung einer Genehmigung nach § 4 Abs. 1 Satz 1 in Verbindung mit § 6 BImSchG durchzuführen, so sind die Vorschriften dieser Technischen Anleitung für genehmigungsbedürftige Anlagen anzuwenden.

### 2. Begriffsbestimmungen

#### 2.1 Schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche

Schädliche Umwelteinwirkungen im Sinne dieser Technischen Anleitung sind Geräuschimmissionen, die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen.

#### 2.2 Einwirkungsbereich einer Anlage

Einwirkungsbereich einer Anlage sind die Flächen, in denen die von der Anlage ausgehenden Geräusche

- a) einen Beurteilungspegel verursachen, der weniger als 10 dB(A) unter dem für diese Fläche maßgebenden Immissionsrichtwert liegt, oder
- b) Geräuschspitzen verursachen, die den für deren Beurteilung maßgebenden Immissionsrichtwert erreichen.

#### 2.3 Maßgeblicher Immissionsort

Maßgeblicher Immissionsort ist der nach Nummer A.1.3 des Anhangs zu ermittelnde Ort im Einwirkungsbereich der Anlage, an dem eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte am ehesten zu erwarten ist. Es ist derjenige Ort, für den die Geräuschbeurteilung nach dieser Technischen Anleitung vorgenommen wird.

Wenn im Einwirkungsbereich der Anlage auf-

grund der Vorbelastung zu erwarten ist, dass die Immissionsrichtwerte nach Nummer 6 an einem anderen Ort durch die Zusatzbelastung überschritten werden, so ist auch der Ort, an dem die Gesamtbelastung den maßgebenden Immissionsrichtwert nach Nummer 6 am höchsten übersteigt, als zusätzlicher maßgeblicher Immissionsort festzulegen.

## 2.4 Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung; Fremdgeräusche

Vorbelastung ist die Belastung eines Ortes mit Geräuschimmissionen von allen Anlagen, für die diese Technische Anleitung gilt, ohne den Immissionsbeitrag der zu beurteilenden Anlage.

Zusatzbelastung ist der Immissionsbeitrag, der an einem Immissionsort durch die zu beurteilende Anlage voraussichtlich (bei geplanten Anlagen) oder tatsächlich (bei bestehenden Anlagen) hervorgerufen wird.

Gesamtbelastung im Sinne dieser Technischen Anleitung ist die Belastung eines Immissionsortes, die von allen Anlagen hervorgerufen wird, für die diese Technische Anleitung gilt.

Fremdgeräusche sind alle Geräusche, die nicht von der zu beurteilenden Anlage ausgehen.

## 2.5 Stand der Technik zur Lärminderung

Stand der Technik zur Lärminderung im Sinne dieser Technischen Anleitung ist der auf die Lärminderung bezogene Stand der Technik nach § 3 Abs. 6 BImSchG. Er schließt sowohl Maßnahmen an der Schallquelle als auch solche auf dem Ausbreitungsweg ein, soweit diese in engem räumlichen und betrieblichen Zusammenhang mit der Schallquelle stehen. Seine Anwendung dient dem Zweck, Geräuschimmissionen zu mindern.

## 2.6 Schalldruckpegel $L_{AF}(t)$

Der Schalldruckpegel  $L_{AF}(t)$  ist der mit der Frequenzbewertung A und der Zeitbewertung F nach DIN EN 60651, Ausgabe Mai 1994, gebildete momentane Wert des Schalldruckpegels. Er ist die wesentliche Grundgröße für die Pegelbestimmungen nach dieser Technischen Anleitung.

## 2.7 Mittelungspegel $L_{Aeq}$

Der Mittelungspegel  $L_{Aeq}$  ist der nach DIN 45641, Ausgabe Juni 1990, aus dem zeitlichen Verlauf des Schalldruckpegels oder mit Hilfe von Schallpegelmessern nach DIN EN

60804, Ausgabe Mai 1994, gebildete zeitliche Mittelwert des Schalldruckpegels.

## 2.8 Kurzzeitige Geräuschspitzen

Kurzzeitige Geräuschspitzen im Sinne dieser Technischen Anleitung sind durch Einzelergebnisse hervorgerufene Maximalwerte des Schalldruckpegels, die im bestimmungsgemäßen Betriebsablauf auftreten. Kurzzeitige Geräuschspitzen werden durch den Maximalpegel  $L_{AFmax}$  des Schalldruckpegels  $L_{AF}(t)$  beschrieben.

## 2.9 Taktmaximalpegel $L_{AFT}(t)$ , Taktmaximal-Mittelungspegel $L_{AFTeq}$

Der Taktmaximalpegel  $L_{AFT}(t)$  ist der Maximalwert des Schalldruckpegels  $L_{AF}(t)$  während der zugehörigen Taktzeit T; die Taktzeit beträgt 5 Sekunden.

Der Taktmaximal-Mittelungspegel  $L_{AFTeq}$  ist der nach DIN 45641, Ausgabe Juni 1990, aus den Taktmaximalpegeln gebildete Mittelungspegel. Er wird zur Beurteilung impulshaltiger Geräusche verwendet. Zu diesem Zweck wird die Differenz  $L_{AFTeq} - L_{Aeq}$  als Zuschlag für Impulshaltigkeit definiert.

## 2.10 Beurteilungspegel $L_r$

Der Beurteilungspegel  $L_r$  ist der aus dem Mittelungspegel  $L_{Aeq}$  des zu beurteilenden Geräusches und gegebenenfalls aus Zuschlägen gemäß dem Anhang für Ton- und Informationshaltigkeit, Impulshaltigkeit und für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit gebildete Wert zur Kennzeichnung der mittleren Geräuschbelastung während jeder Beurteilungszeit. Der Beurteilungspegel  $L_r$  ist diejenige Größe, auf die sich die Immissionsrichtwerte nach Nummer 6 beziehen.

## 3. Allgemeine Grundsätze für genehmigungsbedürftige Anlagen

### 3.1 Grundpflichten des Betreibers

Eine Genehmigung zur Errichtung und zum Betrieb einer genehmigungsbedürftigen Anlage ist nach § 6 Abs. 1 Nr. 1 in Verbindung mit § 5 Abs. 1 Nr. 1 und 2 BImSchG nur zu erteilen, wenn sichergestellt ist, dass

- die von der Anlage ausgehenden Geräusche keine schädlichen Umwelteinwirkungen hervorrufen können und
- Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche getroffen wird, insbesondere durch die dem Stand der Technik zur Lärminderung entsprechen-

## Im 4.1.1

den Maßnahmen zur Emissionsbegrenzung.

### 3.2 Prüfung der Einhaltung der Schutzpflicht

#### 3.2.1 Prüfung im Regelfall

Der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche (§ 5 Abs. 1 Nr. 1 BImSchG) ist vorbehaltlich der Regelungen in den Absätzen 2 bis 5 sichergestellt, wenn die Gesamtbelastung am maßgeblichen Immissionsort die Immissionsrichtwerte nach Nummer 6 nicht überschreitet.

Die Genehmigung für die zu beurteilende Anlage darf auch bei einer Überschreitung der Immissionsrichtwerte aufgrund der Vorbelastung aus Gründen des Lärmschutzes nicht versagt werden, wenn der von der Anlage verursachte Immissionsbeitrag im Hinblick auf den Gesetzeszweck als nicht relevant anzusehen ist. Das ist in der Regel der Fall, wenn die von der zu beurteilenden Anlage ausgehende Zusatzbelastung die Immissionsrichtwerte nach Nummer 6 am maßgeblichen Immissionsort um mindestens 6 dB(A) unterschreitet.

Unbeschadet der Regelung in Absatz 2 soll für die zu beurteilende Anlage die Genehmigung wegen einer Überschreitung der Immissionsrichtwerte nach Nummer 6 aufgrund der Vorbelastung auch dann nicht versagt werden, wenn dauerhaft sichergestellt ist, dass diese Überschreitung nicht mehr als 1 dB(A) beträgt. Dies kann auch durch einen öffentlich-rechtlichen Vertrag der beteiligten Anlagenbetreiber mit der Überwachungsbehörde erreicht werden.

Unbeschadet der Regelungen in den Absätzen 2 und 3 soll die Genehmigung für die zu beurteilende Anlage wegen einer Überschreitung der Immissionsrichtwerte nach Nummer 6 aufgrund der Vorbelastung auch dann nicht versagt werden, wenn durch eine Auflage sichergestellt ist, dass in der Regel spätestens drei Jahre nach Inbetriebnahme der Anlage Sanierungsmaßnahmen (Stilllegung, Beseitigung oder Änderung) an bestehenden Anlagen des Antragstellers durchgeführt sind, welche die Einhaltung der Immissionsrichtwerte nach Nummer 6 gewährleisten.

Die Genehmigung darf wegen einer Überschreitung der Immissionsrichtwerte nicht versagt werden, wenn infolge ständig vorherrschender Fremdgeräusche keine zusätzlichen schädlichen Umwelteinwirkungen durch die zu beurteilende Anlage zu befürchten sind. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn für die Beurteilung der Geräuschimmissionen der Anlage weder Zuschläge gemäß dem Anhang für Ton- und

Informationshaltigkeit oder Impulshaltigkeit noch eine Berücksichtigung tieffrequenter Geräusche nach Nummer 7.3 erforderlich sind und der Schalldruckpegel  $L_{AF}(t)$  der Fremdgeräusche in mehr als 95 % der Betriebszeit der Anlage in der jeweiligen Beurteilungszeit nach Nummer 6.4 höher als der Mittelungspegel  $L_{Aeq}$  der Anlage ist. Durch Nebenbestimmungen zum Genehmigungsbescheid oder durch nachträgliche Anordnung ist sicherzustellen, dass die zu beurteilende Anlage im Falle einer späteren Verminderung der Fremdgeräusche nicht relevant zu schädlichen Umwelteinwirkungen beiträgt.

Die Prüfung der Genehmigungsvoraussetzungen setzt in der Regel eine Prognose der Geräuschimmissionen der zu beurteilenden Anlage und - sofern im Einwirkungsbereich der Anlage andere Anlagengeräusche auftreten - die Bestimmung der Vorbelastung sowie der Gesamtbelastung nach Nummer A.1.2 des Anhangs voraus. Die Bestimmung der Vorbelastung kann im Hinblick auf Absatz 2 entfallen, wenn die Geräuschimmissionen der Anlage die Immissionsrichtwerte nach Nummer 6 um mindestens 6 dB(A) unterschreiten.

#### 3.2.2 Ergänzende Prüfung im Sonderfall

Liegen im Einzelfall besondere Umstände vor, die bei der Regelfallprüfung keine Berücksichtigung finden, nach Art und Gewicht jedoch wesentlichen Einfluss auf die Beurteilung haben können, ob die Anlage zum Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen relevant beiträgt, so ist ergänzend zu prüfen, ob sich unter Berücksichtigung dieser Umstände des Einzelfalls eine vom Ergebnis der Regelfallprüfung abweichende Beurteilung ergibt. Als Umstände, die eine Sonderfallprüfung erforderlich machen können, kommen insbesondere in Betracht:

- Geräuschcharakteristiken verschiedener gemeinsam einwirkender Anlagen, die eine Summenpegelbildung zur Ermittlung der Gesamtbelastung nicht sinnvoll erscheinen lassen,
- Umstände, z.B. besondere betriebstechnische Erfordernisse, Einschränkungen der zeitlichen Nutzung oder eine besondere Standortbindung der zu beurteilenden Anlage, die sich auf die Akzeptanz einer Geräuschimmission auswirken können,
- sicher absehbare Verbesserungen der Emissions- oder Immissionssituation durch andere als die in Nummer 3.2.1 Abs. 4 genannten Maßnahmen,
- besondere Gesichtspunkte der Herkömmlichkeit und der sozialen Adäquanz der Geräuschimmission.

### 3.3 Prüfung der Einhaltung der Vorsorgepflicht

Das Maß der Vorsorgepflicht gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche bestimmt sich einzelfallbezogen unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit von Aufwand und erreichbarer Lärminderung nach der zu erwartenden Immissionsituation des Einwirkungsbereichs insbesondere unter Berücksichtigung der Bauleitplanung. Die Geräuschemissionen der Anlage müssen so niedrig sein, wie dies zur Erfüllung der Vorsorgepflicht nach Satz 1 nötig und nach dem Stand der Technik zur Lärminderung möglich ist.

## 4. Allgemeine Grundsätze für die Prüfung nicht genehmigungsbedürftiger Anlagen

### 4.1 Grundpflichten des Betreibers

Nicht genehmigungsbedürftige Anlagen sind nach § 22 Abs. 1 Nr. 1 und 2 BImSchG so zu errichten und zu betreiben, dass

- a) schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche verhindert werden, die nach dem Stand der Technik zur Lärminderung vermeidbar sind, und
- b) nach dem Stand der Technik zur Lärminderung unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

### 4.2 Vereinfachte Regelfallprüfung

Bei der immissionsschutzrechtlichen Prüfung im Rahmen der öffentlich-rechtlichen Zulassung einer nicht genehmigungsbedürftigen Anlage ist folgendes vereinfachtes Beurteilungsverfahren anzuwenden:

- a) Vorbehaltlich der Regelungen in Nummer 4.3 ist sicherzustellen, dass die Geräuschemissionen der zu beurteilenden Anlage die Immissionsrichtwerte nach Nummer 6 nicht überschreiten; gegebenenfalls sind entsprechende Auflagen zu erteilen.
- b) Eine Prognose der Geräuschemissionen der zu beurteilenden Anlage nach Nummer A.2 des Anhangs ist erforderlich, soweit nicht aufgrund von Erfahrungswerten an vergleichbaren Anlagen zu erwarten ist, dass der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche der zu beurteilenden Anlage sichergestellt ist. Dabei sind insbesondere zu berücksichtigen:

- emissionsrelevante Konstruktionsmerkmale,
- Schalleistungspegel,
- Betriebszeiten,
- Abschirmung,
- Abstand zum Immissionsort und Gebietsart.

- c) Eine Berücksichtigung der Vorbelastung ist nur erforderlich, wenn aufgrund konkreter Anhaltspunkte absehbar ist, dass die zu beurteilende Anlage im Falle ihrer Inbetriebnahme relevant im Sinne von Nummer 3.2.1 Abs. 2 zu einer Überschreitung der Immissionsrichtwerte nach Nummer 6 beitragen wird und Abhilfemaßnahmen nach Nummer 5 bei den anderen zur Gesamtbelastung beitragenden Anlagen aus tatsächlichen oder rechtlichen Gründen offensichtlich nicht in Betracht kommen.

### 4.3 Anforderungen bei unvermeidbaren schädlichen Umwelteinwirkungen

Anforderungen nach Nummer 4.1 Buchstabe a bestehen für nicht genehmigungsbedürftige Anlagen nur insoweit, als sie mit Maßnahmen nach dem Stand der Technik zur Lärminderung eingehalten werden können. Danach unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen sind auf ein Mindestmaß zu beschränken. Als Maßnahmen kommen hierfür insbesondere in Betracht:

- organisatorische Maßnahmen im Betriebsablauf (z.B. keine lauten Arbeiten in den Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit),
- zeitliche Beschränkungen des Betriebs, etwa zur Sicherung der Erholungsruhe am Abend und in der Nacht,
- Einhaltung ausreichender Schutzabstände zu benachbarten Wohnhäusern oder anderen schutzbedürftigen Einrichtungen,
- Ausnutzen natürlicher oder künstlicher Hindernisse zur Lärminderung,
- Wahl des Aufstellungsortes von Maschinen oder Anlagenteilen.

§ 25 Abs. 2 BImSchG ist zu beachten.

## 5. Anforderungen an bestehende Anlagen

### 5.1 Nachträgliche Anordnungen bei genehmigungsbedürftigen Anlagen

Bei der Prüfung der Verhältnismäßigkeit nach § 17 BImSchG hat die zuständige Behörde von den geeigneten Maßnahmen diejenige zu wählen, die den Betreiber am wenigsten be-

## Im 4.1.1

lastet. Die zu erwartenden positiven und negativen Auswirkungen für den Anlagenbetreiber, für die Nachbarschaft und die Allgemeinheit sowie das öffentliche Interesse an der Durchführung der Maßnahme oder ihrem Unterbleiben sind zu ermitteln und zu bewerten.

Dabei sind insbesondere zu berücksichtigen:

- Ausmaß der von der Anlage ausgehenden Emissionen und Immissionen,
- vorhandene Fremdgeräusche,
- Ausmaß der Überschreitungen der Immissionsrichtwerte durch die zu beurteilende Anlage,
- Ausmaß der Überschreitungen der Immissionsrichtwerte durch die Gesamtbelastung,
- Gebot zur gegenseitigen Rücksichtnahme,
- Anzahl der betroffenen Personen,
- Auffälligkeit der Geräusche,
- Stand der Technik zur Lärminderung,
- Aufwand im Verhältnis zur Verbesserung der Immissionssituation im Einwirkungsbereich der Anlage,
- Betriebsdauer der Anlage seit der Neu- oder Änderungsgenehmigung der Anlage,
- technische Besonderheiten der Anlage,
- Platzverhältnisse am Standort.

Eine nachträgliche Anordnung darf nicht getroffen werden, wenn sich eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte nach Nummer 6 aus einer Erhöhung oder erstmaligen Berücksichtigung der Vorbelastung ergibt, die Zusatzbelastung weniger als 3 dB(A) beträgt und die Immissionsrichtwerte um nicht mehr als 5 dB(A) überschritten sind.

## 5.2 Anordnungen im Einzelfall bei nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen

Bei der Ermessensausübung im Rahmen der Anwendung des § 24 BImSchG können die unter Nummer 5.1 genannten Grundsätze mit Ausnahme der in Nummer 5.1 Abs. 3 getroffenen Regelung, die der Berücksichtigung der Vorbelastung im Genehmigungsverfahren Rechnung trägt, unter Beachtung der Unterschiede der maßgeblichen Grundpflichten nach den Nummern 3.1 und 4.1 entsprechend herangezogen werden.

Die Prüfung einer Anordnung im Einzelfall kommt insbesondere in Betracht, wenn

- a) bereits eine Beurteilung nach den Nummern 4.2 und 4.3 ergibt, dass der Anlagenbetreiber die Grundpflichten nach Nummer 4.1 nicht erfüllt oder

- b) konkrete Anhaltspunkte dafür vorliegen, dass vermeidbare Geräuschemissionen der Anlage einen relevanten Beitrag zu einer durch die Geräusche mehrerer Anlagen hervorgerufenen schädlichen Umwelteinwirkung leisten.

Kommen im Falle des Satzes 1 Buchstabe b Abhilfemaßnahmen auch gegenüber anderen Anlagenbetreibern in Betracht, ist zusätzlich Nummer 5.3 zu beachten.

## 5.3 Mehrere zu einer schädlichen Umwelteinwirkung beitragende Anlagen unterschiedlicher Betreiber

Tragen mehrere Anlagen unterschiedlicher Betreiber relevant zum Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen bei, so hat die Behörde die Entscheidung über die Auswahl der zu ergreifenden Abhilfemaßnahmen und der Adressaten entsprechender Anordnungen nach den Nummern 5.1 oder 5.2 nach pflichtgemäßem Ermessen unter Beachtung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes zu treffen.

Als dabei zu berücksichtigende Gesichtspunkte kommen insbesondere in Betracht:

- a) der Inhalt eines bestehenden oder speziell zur Lösung der Konfliktsituation erstellten Lärminderungsplans nach § 47 a BImSchG,
- b) die Wirksamkeit der Minderungsmaßnahmen,
- c) der für die jeweilige Minderungsmaßnahme notwendige Aufwand,
- d) die Höhe der Verursachungsbeiträge,
- e) Vorliegen und Grad eines etwaigen Verschuldens.

Ist mit der alsbaldigen Fertigstellung eines Lärminderungsplans nach § 47 a BImSchG zu rechnen, der für die Entscheidung nach Absatz 1 von maßgebender Bedeutung sein könnte, und erfordern Art und Umfang der schädlichen Umwelteinwirkungen nicht sofortige Abhilfemaßnahmen, so kann die Behörde die Entscheidung nach Absatz 1 im Hinblick auf die Erstellung des Lärminderungsplans für eine angemessene Zeit aussetzen.

## 6. Immissionsrichtwerte

### 6.1 Immissionsrichtwerte für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden

Die Immissionsrichtwerte für den Beurteilungspegel betragen für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden

- a) in Industriegebieten 70 dB(A)

- b) in Gewerbegebieten
  - tags 65 dB(A)
  - nachts 50 dB(A)
- c) in Kerngebieten, Dorfgebieten und Mischgebieten
  - tags 60 dB(A)
  - nachts 45 dB(A)
- d) in allgemeinen Wohngebieten und Kleinsiedlungsgebieten
  - tags 55 dB(A)
  - nachts 40 dB(A)
- e) in reinen Wohngebieten
  - tags 50 dB(A)
  - nachts 35 dB(A)
- f) in Kurgebieten, für Krankenhäuser und Pflegeanstalten
  - tags 45 dB(A)
  - nachts 35 dB(A)

Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen die Immissionsrichtwerte am Tage um nicht mehr als 30 dB(A) und in der Nacht um nicht mehr als 20 dB(A) überschreiten.

## 6.2 Immissionsrichtwerte für Immissionsorte innerhalb von Gebäuden

Bei Geräuschübertragungen innerhalb von Gebäuden oder bei Körperschallübertragung betragen die Immissionsrichtwerte für den Beurteilungspegel für betriebsfremde schutzbedürftige Räume nach DIN 4109, Ausgabe November 1989, unabhängig von der Lage des Gebäudes in einem der in Nummer 6.1 unter Buchstaben a bis f genannten Gebiete

- tags 35 dB(A)
- nachts 25 dB(A).

Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen die Immissionsrichtwerte um nicht mehr als 10 dB(A) überschreiten.

Weitergehende baurechtliche Anforderungen bleiben unberührt.

## 6.3 Immissionsrichtwerte für seltene Ereignisse

Bei seltenen Ereignissen nach Nummer 7.2 betragen die Immissionsrichtwerte für den Beurteilungspegel für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden in Gebieten nach Nummer 6.1 Buchstaben b bis f

- tags 70 dB(A)
- nachts 55 dB(A).

Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen diese Werte

- in Gebieten nach Nummer 6.1 Buchstabe b am Tag um nicht mehr als 25 dB(A) und

in der Nacht um nicht mehr als 15 dB(A),

- in Gebieten nach Nummer 6.1 Buchstaben c bis f am Tag um nicht mehr als 20 dB(A) und in der Nacht um nicht mehr als 10 dB(A)

überschreiten.

## 6.4 Beurteilungszeiten

Die Immissionsrichtwerte nach den Nummern 6.1 bis 6.3 beziehen sich auf folgende Zeiten:

- 1. tags 06.00 - 22.00 Uhr
- 2. nachts 22.00 - 06.00 Uhr.

Die Nachtzeit kann bis zu einer Stunde hinausgeschoben oder vorverlegt werden, soweit dies wegen der besonderen örtlichen oder wegen zwingender betrieblicher Verhältnisse unter Berücksichtigung des Schutzes vor schädlichen Umwelteinwirkungen erforderlich ist. Eine achtstündige Nachtruhe der Nachbarschaft im Einwirkungsbereich der Anlage ist sicherzustellen.

Die Immissionsrichtwerte nach den Nummern 6.1 bis 6.3 gelten während des Tages für eine Beurteilungszeit von 16 Stunden. Maßgebend für die Beurteilung der Nacht ist die volle Nachtstunde (z.B. 1.00 bis 2.00 Uhr) mit dem höchsten Beurteilungspegel, zu dem die zu beurteilende Anlage relevant beiträgt.

## 6.5 Zuschlag für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit

Für folgende Zeiten ist in Gebieten nach Nummer 6.1 Buchstaben d bis f bei der Ermittlung des Beurteilungspegels die erhöhte Störwirkung von Geräuschen durch einen Zuschlag zu berücksichtigen:

- 1. an Werktagen 06.00 - 07.00 Uhr  
20.00 - 22.00 Uhr
- 2. an Sonn- und Feiertagen 06.00 - 09.00 Uhr  
13.00 - 15.00 Uhr  
20.00 - 22.00 Uhr

Der Zuschlag beträgt 6 dB.

Von der Berücksichtigung des Zuschlags kann abgesehen werden, soweit dies wegen der besonderen örtlichen Verhältnisse unter Berücksichtigung des Schutzes vor schädlichen Umwelteinwirkungen erforderlich ist.

## 6.6 Zuordnung des Immissionsortes

Die Art der in Nummer 6.1 bezeichneten Gebiete und Einrichtungen ergibt sich aus den Festlegungen in den Bebauungsplänen.

## Im 4.1.1

Sonstige in Bebauungsplänen festgesetzte Flächen für Gebiete und Einrichtungen sowie Gebiete und Einrichtungen, für die keine Festsetzungen bestehen, sind nach Nummer 6.1 entsprechend der Schutzbedürftigkeit zu beurteilen.

### 6.7 Gemengelagen

Wenn gewerblich, industriell oder hinsichtlich ihrer Geräuschauswirkungen vergleichbar genutzte und zum Wohnen dienende Gebiete aneinandergrenzen (Gemengelage), können die für die zum Wohnen dienenden Gebiete geltenden Immissionsrichtwerte auf einen geeigneten Zwischenwert der für die aneinandergrenzenden Gebietskategorien geltenden Werte erhöht werden, soweit dies nach der gegenseitigen Pflicht zur Rücksichtnahme erforderlich ist. Die Immissionsrichtwerte für Kern-, Dorf- und Mischgebiete sollen dabei nicht überschritten werden. Es ist vorauszusetzen, dass der Stand der Lärm-minderungstechnik eingehalten wird.

Für die Höhe des Zwischenwertes nach Absatz 1 ist die konkrete Schutzwürdigkeit des betroffenen Gebietes maßgeblich. Wesentliche Kriterien sind die Prägung des Einwirkungsgebiets durch den Umfang der Wohnbebauung einerseits und durch Gewerbe- und Industriebetriebe andererseits, die Ortsüblichkeit eines Geräusches und die Frage, welche der unverträglichen Nutzungen zuerst verwirklicht wurde. Liegt ein Gebiet mit erhöhter Schutzwürdigkeit nur in einer Richtung zur Anlage, so ist dem durch die Anordnung der Anlage auf dem Betriebsgrundstück und die Nutzung von Abschirmungsmöglichkeiten Rechnung zu tragen.

### 6.8 Ermittlung der Geräuschemissionen

Die Ermittlung der Geräuschemissionen erfolgt nach den Vorschriften des Anhangs.

### 6.9 Messabschlag bei Überwachungsmessungen

Wird bei der Überwachung der Einhaltung der maßgeblichen Immissionsrichtwerte der Beurteilungspegel durch Messung nach den Nummern A.1.6 oder A.3 des Anhangs ermittelt, so ist zum Vergleich mit den Immissionsrichtwerten nach Nummer 6 ein um 3 dB(A) verminderter Beurteilungspegel heranzuziehen.

## 7. Besondere Regelungen

### 7.1 Ausnahmeregelung für Notsituationen

Soweit es zur Abwehr von Gefahren für die öffentliche Sicherheit und Ordnung oder zur Abwehr eines betrieblichen Notstandes erforderlich ist, dürfen die Immissionsrichtwerte nach Nummer 6 überschritten werden. Ein betrieblicher Notstand ist ein ungewöhnliches, nicht voraussehbares, vom Willen des Betreibers unabhängiges und plötzlich eintretendes Ereignis, das die Gefahr eines unverhältnismäßigen Schadens mit sich bringt.

### 7.2 Bestimmungen für seltene Ereignisse

Ist wegen voraussehbarer Besonderheiten beim Betrieb einer Anlage zu erwarten, dass in seltenen Fällen oder über eine begrenzte Zeitdauer, aber an nicht mehr als zehn Tagen oder Nächten eines Kalenderjahres und nicht an mehr als an jeweils zwei aufeinander folgenden Wochenenden, die Immissionsrichtwerte nach den Nummern 6.1 und 6.2 auch bei Einhaltung des Standes der Technik zur Lärm-minderung nicht eingehalten werden können, kann eine Überschreitung im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für genehmigungsbedürftige Anlagen zugelassen werden. Bei bestehenden genehmigungsbedürftigen oder nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen kann unter den genannten Voraussetzungen von einer Anordnung abgesehen werden.

Dabei ist im Einzelfall unter Berücksichtigung der Dauer und der Zeiten der Überschreitungen, der Häufigkeit der Überschreitungen durch verschiedene Betreiber insgesamt sowie von Minderungsmöglichkeiten durch organisatorische und betriebliche Maßnahmen zu prüfen, ob und in welchem Umfang der Nachbarschaft eine höhere als die nach den Nummern 6.1 und 6.2 zulässige Belastung zugemutet werden kann. Die in Nummer 6.3 genannten Werte dürfen nicht überschritten werden. In der Regel sind jedoch unzumutbare Geräuschbelästigungen anzunehmen, wenn auch durch seltene Ereignisse bei anderen Anlagen Überschreitungen der Immissionsrichtwerte nach den Nummern 6.1 und 6.2 verursacht werden können und am selben Einwirkungsort Überschreitungen an insgesamt mehr als 14 Kalendertagen eines Jahres auftreten.

Nummer 4.3 bleibt unberührt.

### 7.3 Berücksichtigung tieffrequenter Geräusche

Für Geräusche, die vorherrschende Energieanteile im Frequenzbereich unter 90 Hz besitzen (tieffrequente Geräusche), ist die Fra-



ge, ob von ihnen schädliche Umwelteinwirkungen ausgehen, im Einzelfall nach den örtlichen Verhältnissen zu beurteilen. Schädliche Umwelteinwirkungen können insbesondere auftreten, wenn bei deutlich wahrnehmbaren tieffrequenten Geräuschen in schutzbedürftigen Räumen bei geschlossenen Fenstern die nach Nummer A.1.5 des Anhangs ermittelte Differenz  $L_{Ceq} - L_{Aeq}$  den Wert 20 dB überschreitet. Hinweise zur Ermittlung und Bewertung tieffrequenter Geräusche enthält Nummer A.1.5 des Anhangs.

Wenn unter Berücksichtigung von Nummer A.1.5 des Anhangs schädliche Umwelteinwirkungen durch tieffrequente Geräusche zu erwarten sind, so sind geeignete Minderungsmaßnahmen zu prüfen. Ihre Durchführung soll ausgesetzt werden, wenn nach Inbetriebnahme der Anlage auch ohne die Realisierung der Minderungsmaßnahmen keine tieffrequenten Geräusche auftreten.

#### 7.4 Berücksichtigung von Verkehrsgeräuschen

Fahrzeuggeräusche auf dem Betriebsgrundstück sowie bei der Ein- und Ausfahrt, die in Zusammenhang mit dem Betrieb der Anlage entstehen, sind der zu beurteilenden Anlage zuzurechnen und zusammen mit den übrigen zu berücksichtigenden Anlagengeräuschen bei der Ermittlung der Zusatzbelastung zu erfassen und zu beurteilen. Sonstige Fahrzeuggeräusche auf dem Betriebsgrundstück sind bei der Ermittlung der Vorbelastung zu erfassen und zu beurteilen. Für Verkehrsgeräusche auf öffentlichen Verkehrsflächen gelten die Absätze 2 bis 4.

Geräusche des An- und Abfahrtverkehrs auf öffentlichen Verkehrsflächen in einem Abstand von bis zu 500 Metern von dem Betriebsgrundstück in Gebieten nach Nummer 6.1 Buchstaben c bis f sollen durch Maßnahmen organisatorischer Art soweit wie möglich vermindert werden, soweit

- sie den Beurteilungspegel der Verkehrsgeräusche für den Tag oder die Nacht rechnerisch um mindestens 3 dB(A) erhöhen,
- keine Vermischung mit dem übrigen Verkehr erfolgt ist und
- die Immissionsgrenzwerte der Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV) erstmals oder weitergehend überschritten werden.

Der Beurteilungspegel für den Straßenver-

kehr auf öffentlichen Verkehrsflächen ist zu berechnen nach den Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen - Ausgabe 1990 - RLS-90, bekanntgemacht im Verkehrsblatt, Amtsblatt des Bundesministeriums für Verkehr der Bundesrepublik Deutschland (VkB1.) Nr. 7 vom 14. April 1990 unter lfd. Nr. 79. Die Richtlinien sind zu beziehen von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Alfred-Schütte-Allee 10, 50679 Köln.

Der Beurteilungspegel für Schienenwege ist zu ermitteln nach der Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Schienenwegen - Ausgabe 1990 - Schall 03, bekanntgemacht im Amtsblatt der Deutschen Bundesbahn Nr. 14 vom 04. April 1990 unter lfd. Nr. 133. Die Richtlinie ist zu beziehen von der Deutschen Bahn AG, Drucksachenzentrale, Stuttgarter Straße 61a, 76137 Karlsruhe.

#### 8. Zugänglichkeit der Norm- und Richtlinienblätter

Die in dieser Technischen Anleitung genannten DIN-Normblätter, ISO-Normen und VDI-Richtlinien sind bei der Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin, zu beziehen. Die genannten Normen und Richtlinien sind bei dem Deutschen Patentamt archivmäßig gesichert niedergelegt.

#### 9. Aufhebung von Vorschriften

Die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm vom 16. Juli 1968 (Beilage zum BAnz. Nr. 137 vom 26. Juli 1968) wird mit Inkrafttreten dieser Allgemeinen Verwaltungsvorschrift aufgehoben.

#### 10. Inkrafttreten

Diese Allgemeine Verwaltungsvorschrift tritt am ersten Tage des dritten auf die Veröffentlichung folgenden Kalendermonats in Kraft.

#### Ermittlung der Geräuschimmissionen

##### Inhaltsübersicht

<b>A.1</b>	<b>Allgemeine Vorschriften für die Ermittlung der Geräuschimmissionen</b>	A.2.5.3	Zuschlag für Impulshaltigkeit $K_I$
A.1.1	Begriffsbestimmungen und Erläuterungen	A.2.6	Darstellung der Ergebnisse
A.1.1.1	Mittlerer Schalleistungspegel	<b>A.3</b>	<b>Ermittlung der Geräuschimmissionen durch Messung</b>
A.1.1.2	Immissionswirksamer Schalleistungspegel	A.3.1	Grundsätze
A.1.1.3	Einwirkzeit $T_E$	A.3.2	Messgeräte
A.1.1.4	Körperschallübertragung	A.3.3	Messverfahren und Auswertung
A.1.2	Ermittlung der Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung	A.3.3.1	Messwertarten
A.1.3	Maßgeblicher Immissionsort	A.3.3.2	Messorte
A.1.4	Beurteilungspegel $L_r$	A.3.3.3	Durchführung der Messungen
A.1.5	Hinweise zur Berücksichtigung tieffrequenter Geräusche	A.3.3.4	Bestimmung des Beurteilungspegels
A.1.6	Ermittlung von Schießgeräuschimmissionen	A.3.3.5	Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit
<b>A.2</b>	<b>Ermittlung der Geräuschimmissionen durch Prognose</b>	A.3.3.6	Zuschlag für Impulshaltigkeit
A.2.1	Prognoseverfahren	A.3.3.7	Maßgeblicher Wert des Beurteilungspegels
A.2.2	Grundsätze	A.3.4	Ersatzmessungen
A.2.3	Detaillierte Prognose	A.3.4.1	Allgemeines
A.2.3.1	Allgemeines	A.3.4.2	Vorgehensweise bei Messungen an Ersatzimmissionsorten
A.2.3.2	Eingangsdaten für die Berechnung	A.3.4.3	Vorgehensweise bei der Rundummessung
A.2.3.3	Von Teilflächen der Außenhaut eines Gebäudes abgestrahlte Schalleistungen	A.3.4.4	Vorgehensweise bei Schalleistungsmessungen
A.2.3.4	Schallausbreitungsrechnung	A.3.5	Messbericht
A.2.3.5	Berechnung der Pegel kurzzeitiger Geräuschspitzen		
A.2.4	Überschlägige Prognose		
A.2.4.1	Allgemeines		
A.2.4.2	Von Teilflächen der Außenhaut eines Gebäudes abgestrahlte Schalleistungen		
A.2.4.3	Überschlägige Schallausbreitungsrechnung		
A.2.4.4	Berechnung der Pegel kurzzeitiger Geräuschspitzen		
A.2.5	Berechnung des Beurteilungspegels		
A.2.5.1	Berechnung des Mittelungspegels der Anlage in den Teilzeiten		
A.2.5.2	Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit $K_T$		

## A.1 Allgemeine Vorschriften für die Ermittlung der Geräuschimmissionen

### A.1.1 Begriffsbestimmungen und Erläuterungen

#### A.1.1.1 Mittlerer Schalleistungspegel

Der mittlere Schalleistungspegel  $L_{Weq}$  ist der Pegel der über die Einwirkzeit gemittelten Schalleistung. Die Frequenzbewertung bzw. das Frequenzband, für die der mittlere Schalleistungspegel gilt, werden durch Indizes, z.B. LWA, LWOk, gekennzeichnet.

#### A.1.1.2 Immissionswirksamer Schalleistungspegel

Der immissionswirksame Schalleistungspegel einer Anlage ist der Schalleistungspegel, der sich aus der Summe der Schalleistungen aller Schallquellen der Anlage ergibt, abzüglich der Verluste auf dem Ausbreitungsweg innerhalb der Anlage und unter Berücksichtigung der Richtwirkungsmaße der Schallquellen. Er kann z.B. durch eine Rundum-Messung nach ISO 8297, Ausgabe Dezember 1994, bestimmt werden.

#### A.1.1.3 Einwirkzeit $T_E$

Die Einwirkzeit  $T_E$  einer Schallquelle oder einer Anlage ist die Zeit innerhalb der Beurteilungszeit oder der Teilzeit, während der die Schallquelle oder Anlage in Betrieb ist.

#### A.1.1.4 Körperschallübertragung

Bei Körperschallübertragung wird Schall von der Quelle über den Boden und/oder Bauteile zu den Begrenzungsflächen der schutzbedürftigen Räume übertragen.

### A.1.2 Ermittlung der Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung

Die Geräuschimmissionen sind für die von den zuständigen Behörden vorgegebenen maßgeblichen Immissionsorte nach Nummer A.1.3 zu ermitteln.

Wird die Zusatzbelastung ermittelt, so sind

- diejenige bestimmungsgemäße Betriebsart der Anlage - gegebenenfalls getrennt für Betriebsphasen mit unterschiedlichen Emissionen -, die in ihrem Einwirkungsgebiet die höchsten Beurteilungspegel erzeugt, zugrunde zu legen und
- die verschiedenen Witterungsbedingungen gemäß DIN ISO 9613-2, Entwurf Ausgabe September 1997, Gleichung (6) zu berücksichtigen.

Der Beurteilungspegel  $L_G$  der Gesamtbelastung, die nach der Inbetriebnahme einer ge-

nehmigungsbedürftigen Anlage zu erwarten ist, wird nach Gleichung (G1) aus der nach Nummer A.3 ermittelten Vorbelastung  $L_V$  und der nach Nummer A.2 ermittelten Zusatzbelastung  $L_Z$  bestimmt.

$$L_G = 10 \lg(10^{0,1 L_V} + 10^{0,1 L_Z}) \quad (G1)$$

### A.1.3 Maßgeblicher Immissionsort

Die maßgeblichen Immissionsorte nach Nummer 2.3 liegen

- bei bebauten Flächen 0,5 m außerhalb vor der Mitte des geöffneten Fensters des vom Geräusch am stärksten betroffenen schutzbedürftigen Raumes nach DIN 4109, Ausgabe November 1989;
- bei unbebauten Flächen oder bebauten Flächen, die keine Gebäude mit schutzbedürftigen Räumen enthalten, an dem am stärksten betroffenen Rand der Fläche, wo nach dem Bau- und Planungsrecht Gebäude mit schutzbedürftigen Räumen erstellt werden dürfen;
- bei mit der zu beurteilenden Anlage baulich verbundenen schutzbedürftigen Räumen, bei Körperschallübertragung sowie bei der Einwirkung tieffrequenter Geräusche in dem am stärksten betroffenen schutzbedürftigen Raum.

Ergänzend gelten die Bestimmungen nach DIN 45645-1, Ausgabe Juli 1996, Abschnitt 6.1 zu Ersatzmessorten sowie zur Mikrophon-aufstellung und Messdurchführung.

### A.1.4 Beurteilungspegel $L_r$

Der Beurteilungspegel wird in Anlehnung an DIN 45645-1, Ausgabe Juli 1996, Gleichung (1) gebildet. Der Zu- oder Abschlag für bestimmte Geräusche und Situationen entfällt. Zusätzlich ist die meteorologische Korrektur nach DIN ISO 9613-2, Entwurf Ausgabe September 1997, Gleichung (6) zu berücksichtigen.

Treten während einer Beurteilungszeit unterschiedliche Emissionen auf oder sind unterschiedliche Zuschläge für Ton- und Informationshaltigkeit, Impulshaltigkeit oder Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit erforderlich, so ist zur Ermittlung der Geräuschimmission während der gesamten Beurteilungszeit diese in geeigneter Weise in Teilzeiten  $T_j$  aufzuteilen, in denen die Emissionen im wesentlichen gleichartig und die Zuschläge konstant sind. Eine solche Unterteilung ist z.B. bei zeitlich abgrenzbarem unterschiedlichem Betrieb der Anlage erforderlich.

Der Beurteilungspegel wird dann nach Gleichung (G2) berechnet.

## Im 4.1.1

$$L_r = 10 \lg \left[ \frac{1}{T_r} \sum_{j=1}^N T_j \cdot 10^{0,1(L_{Aeq,j} - C_{met} + K_{T,j} + K_{I,j} + K_{R,j})} \right] \quad (G2)$$

mit

$$T_r = \sum_{j=1}^N T_j = 16 \text{ h tags}$$

= 1 h oder 8 h    nachts    nach  
Maßgabe    von  
Nummer 6.4

$T_j$	Teilzeit j
$N$	Zahl der gewählten Teilzeiten
$L_{Aeq,j}$	Mittelungspegel während der Teilzeit $T_j$
$C_{met}$	meteorologische Korrektur nach DIN ISO 9613-2, Entwurf Ausgabe September 1997, Gleichung (6)
$K_{T,j}$	Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit nach den Nummern A.2.5.2 (Prognose) oder A.3.3.5 (Messung) in der Teilzeit $T_j$
$K_{I,j}$	Zuschlag für Impulshaltigkeit nach den Nummern A.2.5.3 (Prognose) oder A.3.3.6 (Messung) in der Teilzeit $T_j$
$K_{R,j}$	Zuschlag für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit nach Nummer 6.5 in der Teilzeit $T_j$

Der Beurteilungspegel wird für die Beurteilungszeiten tags und nachts getrennt ermittelt.

### A.1.5 Hinweise zur Berücksichtigung tieffrequenter Geräusche

Tieffrequente Geräusche können z.B. durch folgende Schallquellen verursacht werden:

- langsam laufende Ventilatoren (z.B. bei Kühltürmen),
- Auspuffanlagen langsam laufender Verbrennungsmotoren,
- Brenner in Verbindung mit Feuerungsanlagen,
- Motorenprüfstände,
- Vakuumpumpen,
- Rootsgebläse,
- langsam laufende Siebe, Mühlen und Rinnen,

- Kolbenkompressoren,
- Auspacktrommeln.

Bestimmte Anlagen leiten auch tieffrequente Wechselkräfte in den Baugrund ein. Die dadurch erzeugten Schwingungen können als Körperschall in schutzbedürftige Räume übertragen werden und dort tieffrequente Geräusche verursachen.

Hinweise zur Ermittlung und Bewertung tieffrequenter Geräusche enthält DIN 45680, Ausgabe März 1997, und das zugehörige Beiblatt 1. Danach sind schädliche Umwelteinwirkungen nicht zu erwarten, wenn die in Beiblatt 1 genannten Anhaltswerte nicht überschritten werden.

### A.1.6 Ermittlung von Schießgeräuschimmissionen

Die Schießgeräuschimmissionen werden nach der Richtlinie VDI 3745 Blatt 1, Ausgabe Mai 1993, ermittelt. Hierbei sind in der Regel die Bestimmungen für gesteuerte Messungen anzuwenden. Weiterhin ist zu beachten:

- a) abweichend von VDI 3745 Blatt 1 gelten die Immissionsrichtwerte, Beurteilungszeiten und der Zuschlag für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit nach Nummer 6;
- b) ergänzend zu VDI 3745 Blatt 1 sind die Kriterien für einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen nach Nummer 6 auf die Einzelschusspegel nach Abschnitt 4.4 der VDI-Richtlinie anzuwenden;
- c) weiterhin ist die meteorologische Korrektur nach DIN ISO 9613-2, Entwurf Ausgabe September 1997, Gleichung (6) zu berücksichtigen;
- d) bezüglich der Zahl der Stichprobenmessungen ist Nummer A.3.3.7 unter Berücksichtigung von Abschnitt 4.3 der VDI-Richtlinie entsprechend anzuwenden.

### A.2 Ermittlung der Geräuschimmissionen durch Prognose

#### A.2.1 Prognoseverfahren

Für die Prognose der Geräuschimmissionen sind zwei Verfahren angegeben:

- a) die detaillierte Prognose (DP),
- b) die überschlägige Prognose (ÜP).

Die ÜP ist für die Vorplanung und in Fällen ausreichend, in denen die nach ihr berechneten Beurteilungspegel zu keiner Überschreitung der Immissionsrichtwerte führen. In allen anderen Fällen ist eine DP durchzuführen.

Für die Berechnung von Körperschallübertragungen und für Geräuschübertragungen innerhalb von Gebäuden werden keine Vorschriften angegeben.

## A.2.2 Grundsätze

Bei einer Immissionsprognose sind alle Schallquellen der Anlage einschließlich der in Nummer 7.4 Abs. 1 Satz 1 genannten Transport- und Verkehrsvorgänge auf dem Betriebsgrundstück der Anlage zu berücksichtigen.

Wenn zu erwarten ist, dass kurzzeitige Geräuschspitzen von der Anlage die nach Nummer 6 zulässigen Höchstwerte überschreiten können, sind auch deren Pegel zu berechnen.

Die Genauigkeit der Immissionsprognose hängt wesentlich von der Zuverlässigkeit der Eingabedaten ab. Diese sind deshalb stets kritisch zu prüfen. Schalleistungspegel sollen möglichst nach einem Messverfahren der Genauigkeitsklasse 2 oder 1 bestimmt worden sein, wie sie in DIN 45635-1, in der Normenreihe ISO 3740 bis ISO 3747 (für Maschinen) oder in ISO 8297 (für Industrieanlagen) beschrieben sind. Falls die Umrechnung in Schalleistungspegel möglich ist, können auch Schalldruckpegel in bestimmten Abständen, insbesondere nach der Normenreihe DIN EN ISO 11200 ermittelte Daten, herangezogen werden.

Für die Ermittlung der von Teilflächen der Außenhaut eines Gebäudes abgestrahlten Schalleistungen wird auf die Richtlinie VDI 2571 verwiesen.

Für Verkehrsvorgänge auf dem Betriebsgrundstück nach Nummer 7.4 Abs. 1 Satz 1 können insbesondere die in Nummer 7.4 Abs. 3 und 4 genannten Vorschriften sowie die Berechnungsverfahren nach DIN 18005 Teil 1, Ausgabe Mai 1987, herangezogen werden.

Für die Schallausbreitungsrechnung wird auf die Regelungen der DIN ISO 9613-2, Entwurf Ausgabe September 1997, für die Schallabstrahlung auf VDI 2714, Ausgabe Januar 1988, Abschnitt 5 verwiesen.

## A.2.3 Detaillierte Prognose

### A.2.3.1 Allgemeines

Bei der Prognose ist von den mittleren Schalleistungspegeln der nach Nummer A.2.2 zu berücksichtigenden Schallquellen, gegebenenfalls getrennt nach Teilzeiten (vgl. Nummer A.1.4) auszugehen.

Die Berechnung der Immissionspegel soll in

Oktaven, in der Regel für die Mittenfrequenzen 63 bis 4000 Hz erfolgen. Dabei wird mit den für Oktavbänder ermittelten Schalleistungspegeln und Einflüssen auf dem Schallausbreitungsweg gerechnet. Anteile des Spektrums in der Oktave 8000 Hz sind nur in Ausnahmefällen zu berücksichtigen (z.B. bei geringem Abstand eines Immissionsortes oder Ersatzimmissionsortes von einer Gasreduzierstation im Freien).

Liegen die Emissionsdaten nur als Abwertete Schallpegel vor, kann die Prognose mit diesen Werten entsprechend DIN ISO 9613-2, Entwurf Ausgabe September 1997, Abschnitt 1 durchgeführt werden.

### A.2.3.2 Eingangsdaten für die Berechnung

Für die Berechnung werden für jede zu berücksichtigende Schallquelle der mittlere Schalleistungspegel, die Einwirkzeit  $T_E$  gegebenenfalls getrennt nach Teilzeiten, die Richtwirkungskorrektur sowie Angaben zur Ton-, Informations- und Impulshaltigkeit der Geräusche und zur Lage und Höhe der Schallquellen benötigt.

Als Eingangsdaten für die Berechnung können Messwerte, Erfahrungswerte oder Herstellerangaben verwendet werden, soweit sie den Anforderungen nach Nummer A.2.2 Abs. 3 entsprechen. Wenn aufgrund besonderer Vorkehrungen eine im Vergleich zu den Erfahrungswerten weitergehende dauerhafte Lärminderung nachgewiesen ist, können die der Lärminderung entsprechenden Korrekturwerte bei den Eingangsdaten berücksichtigt werden.

Außerdem werden benötigt:

- die Lage und Abmessung relevanter Hindernisse (Bebauung, Bewuchs, Schallschirme) und
- die Lage und Höhe der maßgeblichen Immissionsorte.

Für die Berechnung der Mittelungspegel der Geräusche, die von dem nach Nummer 7.4 Abs. 1 Satz 1 der Anlage zuzurechnenden Kraftfahrzeugverkehr auf Parkflächen ausgehen, ist bei der Bestimmung der Anzahl der Fahrzeugbewegungen je Stellplatz und Stunde, sofern keine genaueren Zahlen vorliegen, von bei vergleichbaren Anlagen gewonnenen Erfahrungswerten auszugehen.

### A.2.3.3 Von Teilflächen der Außenhaut eines Gebäudes abgestrahlte Schalleistungen

Die von Teilflächen der Außenhaut eines Gebäudes abgestrahlten Schalleistungen sind nach der Richtlinie VDI 2571, Abschnitt

## Im 4.1.1

3 möglichst in Oktavbändern zu ermitteln.

Die in der Richtlinie angegebene Formel zur Berechnung der Innenschallpegel setzt ein diffuses Schallfeld im Raum voraus und ergibt in Fabrikhallen in der Regel zu hohe und nur für nahe an Außenhauetelementen gelegene laute Schallquellen etwas zu niedrige Werte. Wenn genauere Berechnungsgrundlagen, z. B. nach VDI 3760, Ausgabe Februar 1996, vorliegen, kann von den damit berechneten Innenschallpegeln ausgegangen werden.

### A.2.3.4 Schallausbreitungsrechnung

Die Rechnung ist für jede Schallquelle und jede Oktave entsprechend DIN ISO 9613-2, Entwurf Ausgabe September 1997, Abschnitt 6 durchzuführen. Dabei werden die Schalldämpfung aufgrund von Schallausbreitung durch Bewuchs, Industriegelände und Bebauungsflächen nach Anhang A, Abschirmungen und Reflexionen nach den Abschnitten 7.4 und 7.5 der DIN ISO 9613-2, Entwurf Ausgabe September 1997, berücksichtigt.

Der Mittelungspegel  $L_{Aeq}$  am maßgeblichen Immissionsort ergibt sich für jede Schallquelle nach Gleichung (5) der DIN ISO 9613-2, Entwurf Ausgabe September 1997.

### A.2.3.5 Berechnung der Pegel kurzzeitiger Geräuschspitzen

Unter den Voraussetzungen von Nummer A.2.2 Abs. 2 ist die Berechnung nach Nummer A.2.3.4 statt mit den mittleren Schalleistungspegeln aller Schallquellen mit den maximalen Schalleistungspegeln der Schallquellen mit kurzzeitigen Geräuschspitzen zu wiederholen. Treten bei mehreren Schallquellen der Anlage derartige Geräuschspitzen gleichzeitig auf, so ist für die gesamte Anlage der Pegel der kurzzeitigen Geräuschspitzen am Immissionsort aus den nach Nummer A.2.3.4 bestimmten Beiträgen  $L_{AFmax,i}$  der einzelnen Schallquellen (Index  $i$ ) entsprechend Gleichung (G3) aufzusummieren.

$$L_{AFmax} = 10 \lg \sum_i 10^{0,1 L_{AFmax,i}} \quad (G3)$$

## A.2.4 Überschlägige Prognose

### A.2.4.1 Allgemeines

Bei der überschlägigen Prognose werden die Mittelungspegel am maßgeblichen Immissionsort mit Hilfe der mittleren A-bewerteten Schalleistungspegel, der Ein-

wirkzeiten und der Richtwirkungskorrekturen der Schallquellen sowie einer vereinfachten Schallausbreitungsrechnung ermittelt, bei der eine schallausbreitungsgünstige Wetterlage zugrundegelegt und nur die geometrische Schallausbreitungsdämpfung berücksichtigt wird.

Die Festlegungen zu den Eingangsdaten und zur Einbeziehung der von Parkplätzen ausgehenden Geräusche nach Nummer A.2.3.2 gelten entsprechend.

### A.2.4.2 Von Teilflächen der Außenhaut eines Gebäudes abgestrahlte Schalleistungen

Die von Teilflächen der Außenhaut eines Gebäudes abgestrahlten Schalleistungen sind nach der Richtlinie VDI 2571, Abschnitt 3, Gleichung (9 b) zu ermitteln.

Bei Räumen, in denen der Innenpegel durch Schall mit starken tieffrequenten Komponenten bestimmt wird, ergibt die genannte Gleichung zu niedrige Schalleistungspegel. In solchen Fällen muss für die ins Freie abgestrahlte Schalleistung mit einem Sicherheitszuschlag von 5 dB(A) gerechnet oder eine DP durchgeführt werden.

### A.2.4.3 Überschlägige Schallausbreitungsrechnung

Für jede Schallquelle ist der Mittelungspegel  $L_{Aeq}(s_m)$  am Immissionsort für ihre Einwirkzeit  $T_E$  nach Gleichung (G4) zu berechnen.

$$L_{Aeq}(s_m) = L_{WAeq} + DI + K_0 - 20 \lg(s_m) - 11 \text{ dB}$$

(G4)

Darin bedeutet

$L_{WAeq}$	der mittlere A-bewertete Schalleistungspegel der Schallquelle
$DI$	das Richtwirkungsmaß nach VDI 2714, Abschnitt 5.1, Bild 2 (nur bei Eigenabschirmung durch das Gebäude)
$K_0$	das Raumwinkelmaß nach VDI 2714, Abschnitt 5.2, Tabelle 2
$s_m$	der Abstand des Immissionsortes in m vom Zentrum der Quelle. Wenn der Abstand des Immissionsortes vom Mittelpunkt der Anlage mehr als das Zweifache ihrer größten Ausdehnung beträgt, kann für alle Schallquellen einheitlich statt $s_m$ der Abstand des Immissionsortes vom Mittelpunkt der Anlage eingesetzt werden.

Außer der Eigenabschirmung von schallabstrahlenden Gebäuden sind keine Abschirmungen zu berücksichtigen. Mit  $DI \leq -10$  dB für die dem Immissionsort abgewandte Seite des Gebäudes darf nur gerechnet werden, wenn sich ihr gegenüber keine reflektierende Fläche (z. B. Wand eines Gebäudes) befindet.

Reflexionen, die nicht im Raumwinkelmaß enthalten sind, sind nach VDI 2714, Abschnitt 7.1 durch die Annahme von Spiegelschallquellen zu berücksichtigen.

#### A.2.4.4 Berechnung der Pegel kurzzeitiger Geräuschspitzen

Sofern nach Nummer A.2.2 Abs. 2 erforderlich, ist die Berechnung nach Nummer A.2.4.3 entsprechend Nummer A.2.3.5 mit den maximalen A-bewerteten Schallleistungspegeln der Schallquellen mit kurzzeitigen Geräuschspitzen zu wiederholen.

### A.2.5 Berechnung des Beurteilungspegels

#### A.2.5.1 Berechnung des Mittelungspegels der Anlage in den Teilzeiten

Für jeden maßgeblichen Immissionsort und jeden Ersatzimmissionsort ist der Beurteilungspegel nach Gleichung (G2) zu berechnen. Der Mittelungspegel  $L_{Aeq,j}$  der Anlage für die Teilzeit  $T_j$  wird aus den Mittelungspegeln  $L_{Aeq,k,j}$  und den Einwirkzeiten  $T_{E,k,j}$  aller Schallquellen  $k$  nach Gleichung (G5) berechnet.

$$L_{Aeq,j} = 10 \lg \left( \frac{1}{T_j} \sum_k T_{E,k,j} \cdot 10^{0,1 L_{Aeq,k,j}} \right) \quad (G5)$$

#### A.2.5.2 Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit $K_T$

Für die Teilzeiten, in denen in den zu beurteilenden Geräuschimmissionen ein oder mehrere Töne hervortreten oder in denen das Geräusch informationshaltig ist, ist für den Zuschlag  $K_T$  je nach Auffälligkeit der Wert 3 oder 6 dB anzusetzen.

Bei Anlagen, deren Geräusche nicht ton- oder informationshaltig sind, ist  $K_T = 0$  dB.

Falls Erfahrungswerte von vergleichbaren Anlagen und Anlagenteilen vorliegen, ist von diesen auszugehen.

#### A.2.5.3 Zuschlag für Impulshaltigkeit $K_I$

Für die Teilzeiten, in denen das zu beurteilende Geräusch Impulse enthält, ist für den

Zuschlag  $K_I$  je nach Störwirkung der Wert 3 oder 6 dB anzusetzen.

Bei Anlagen, deren Geräusche keine Impulse enthalten, ist  $K_I = 0$  dB.

Falls Erfahrungswerte von vergleichbaren Anlagen und Anlagenteilen vorliegen, ist von diesen auszugehen.

### A.2.6 Darstellung der Ergebnisse

Die Geräuschimmissionsprognose ist in einem Bericht darzustellen, der die erforderlichen Angaben enthält, um die Datengrundlagen bewerten, das Prognoseverfahren nachvollziehen und die Qualität der Ergebnisse einschätzen zu können. In der Regel sind anzugeben:

- Bezeichnung der Anlage,
- Antragsteller,
- Auftraggeber,
- Name der Institution und des verantwortlichen Bearbeiters,
- Aufgabenstellung,
- verwendetes Verfahren,
- Beschreibung des Betriebsablaufs der Anlage, soweit er schalltechnisch relevant ist,
- Lageplan, aus dem die Anordnung (gegebenenfalls Koordinaten mit Bezugsgrößen) der Anlage, der relevanten Schallquellen, der maßgeblichen Immissionsorte und gegebenenfalls der Ersatzimmissionsorte zu ersehen ist,
- Liste der relevanten Schallquellen mit technischen Daten und Betriebszeiten, bei Gebäuden als Schallquellen die Berechnungsgrundlagen der Schalleistungspegel,
- Angaben über die geplanten Schallschutzmaßnahmen,
- bei der DP Angaben über die relevanten Hindernisse (Schallschirme, Bebauung, Bewuchs),
- Angaben für jeden maßgeblichen Immissionsort:
  - Lage und Höhe,
  - berücksichtigte Einzelschallquellen, einschließlich Ausbreitungsdämpfung (bei der DP),
  - A-bewerteter Mittelungspegel dieser Schallquellen für jede Teilzeit,
  - Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit,
  - Zuschlag für Impulshaltigkeit,
  - Beurteilungspegel,

## Im 4.1.1

- gegebenenfalls Pegel der kurzzeitigen Geräuschspitzen;
- Qualität der Prognose.

### A.3 Ermittlung der Geräuschimmissionen durch Messung

#### A.3.1 Grundsätze

Geräuschimmissionen sind je nach Aufgabenstellung für die Vorbelastung, die Zusatzbelastung, die Gesamtbelastung oder die Belastung durch Fremdgeräusche an den maßgeblichen Immissionsorten zu ermitteln.

Wenn Messungen an den maßgeblichen Immissionsorten nach Nummer A.1.3 nicht möglich sind, z. B. bei Fremdgeräuscheinfluss oder bei Seltenheit von Mitwindwetterlagen (siehe Verweise in Nummer A.3.3.3), kann die zuständige Behörde festlegen, dass die Geräuschimmissionen an den maßgeblichen Immissionsorten aus Ersatzmessungen nach einem der in Nummer A.3.4 beschriebenen Verfahren ermittelt werden. Hierbei werden Messergebnisse (Geräuschimmissionen an Ersatzimmissionsorten bzw. Schallleistungspegel) mit Schallausbreitungsrechnungen verknüpft.

Für die einzusetzenden Messgeräte, die Messverfahren sowie die Bestimmung des maßgeblichen Beurteilungspegels gilt DIN 45645-1, Ausgabe Juli 1996, soweit dieser Anhang nicht abweichende, eingrenzende oder ergänzende Regelungen trifft.

Hinweise zur Ermittlung tieffrequenter Geräusche enthält Nummer A.1.5.

#### A.3.2 Messgeräte

Für die bei den Schallmessungen eingesetzten Messgeräte gelten die Anforderungen nach DIN 45645-1, Ausgabe Juli 1996. Ergänzend ist zu beachten:

Als Schallpegelmessgeräte dürfen verwendet werden:

- a) geeichte Schallpegelmesser der Klasse 1 nach DIN EN 60651, Ausgabe Mai 1994, oder DIN EN 60804, Ausgabe Mai 1994,
- b) geeichte Schallpegelmesseinrichtungen im Sinne des Abschnitts 3 der Anlage 21 zur Eichordnung.

Können wegen Erschwernissen, die in der Immissionssituation begründet sind, die Messungen nicht mit geeichten Messeinrichtungen durchgeführt werden (z.B. bei Einsatz von Richtmikrofonen wegen hoher Belastung durch Fremdgeräusche), so dürfen in begründeten Einzelfällen nicht geeichte Messeinrichtungen verwendet werden, sofern die

dabei entstehenden Abweichungen nachvollziehbar quantifiziert und bei der Beurteilung berücksichtigt werden.

### A.3.3 Messverfahren und Auswertung

#### A.3.3.1 Messwertarten

Bei Schallmessungen nach dieser Technischen Anleitung wird in der Regel die Frequenzbewertung A und die Zeitbewertung F nach DIN EN 60651, Ausgabe Mai 1994, benutzt.

Für die Beurteilung der Geräuschimmissionen werden in dieser Technischen Anleitung die in Tabelle 1 aufgeführten Messwertarten verwendet. Welche Messwertarten zusätzlich zum Mittelungspegel  $L_{Aeq}$  zu erfassen sind, hängt vom Einzelfall ab.

**Tabelle 1:** Messwertarten und ihre Anwendung

Meßwertart	Anwendung	Fundstelle
$L_{Aeq}$	Beurteilung der Geräuschimmissionen	Nummer 2.7 Nummer A.1.4
$L_{AFmax}$	Beurteilung von Geräuschspitzen	Nummer 2.8
$L_{AFTeq}$	Zuschlag für Impulshaltigkeit	Nummer A.3.3.6
$L_{AF95}$	Prüfung auf ständig vorherrschende Fremdgeräusche	Nummer 3.2.1

#### A.3.3.2 Messorte

Die Messungen werden in der Regel an den maßgeblichen Immissionsorten nach Nummer A.1.3 durchgeführt. Zu den Messorten bei Ersatzmessungen nach Nummer A.3.1 Abs. 2 siehe Nummer A.3.4.

#### A.3.3.3 Durchführung der Messungen

Für die Durchführung der Messungen sind die Bestimmungen der DIN 45645-1, Ausgabe Juli 1996, Abschnitte 6.2 bis 6.5 zu beachten. Ergänzend wird festgelegt:

Ist die Vorbelastung oder die Gesamtbelastung (Nummer 2.4) zu ermitteln, ist bei der Festlegung von Zeit und Dauer der Messung auf die Anlagen abzustellen, die



wesentliche Beiträge liefern. Bei Abständen zwischen maßgeblichem Immissionsort und diesen Anlagen ab 200 m sind die Messungen in der Regel bei Mitwind durchzuführen. Für die Ermittlung der Zusatzbelastung durch Messung gilt Satz 2 entsprechend. Bei der Bestimmung des Beurteilungspegels ist die meteorologische Korrektur nach DIN ISO 9613-2, Entwurf Ausgabe September 1997, Gleichung (6) zu berücksichtigen.

#### A.3.3.4 Bestimmung des Beurteilungspegels

Der Beurteilungspegel ist nach Gleichung (G2) zu bestimmen.

#### A.3.3.5 Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit

Treten in einem Geräusch während bestimmter Teilzeiten  $T_j$  ein oder mehrere Töne hörbar hervor oder ist das Geräusch informationshaltig, so beträgt der Zuschlag für Ton- und Informationshaltigkeit  $K_{T,j}$  für diese Teilzeiten je nach Auffälligkeit 3 oder 6 dB.

Die Tonhaltigkeit eines Geräusches kann auch messtechnisch bestimmt werden (DIN 45681, Entwurf Ausgabe Mai 1992).

#### A.3.3.6 Zuschlag für Impulshaltigkeit

Enthält das zu beurteilende Geräusch während bestimmter Teilzeiten  $T_j$  Impulse, so beträgt der Zuschlag  $K_{I,j}$  für Impulshaltigkeit für diese Teilzeiten:

$$K_{I,j} = L_{AFTeq,j} - L_{Aeq,j} \quad (G6)$$

$L_{AFTeq,j}$  ist der Taktmaximal-Mittelungspegel nach Nummer 2.9.

#### A.3.3.7 Maßgeblicher Wert des Beurteilungspegels

Der maßgebliche Wert des Beurteilungspegels wird nach DIN 45645-1, Ausgabe Juli 1996, Abschnitt 7.2 bestimmt. Bei der Festlegung von Zahl und Umfang der Messungen sind die Vereinfachungen nach DIN 45645-1, Ausgabe Juli 1996, Abschnitt 6.5.1 zu berücksichtigen.

### A.3.4 Ersatzmessungen

#### A.3.4.1 Allgemeines

Die Geräuschimmissionen an den maßgeblichen Immissionsorten können nach einem der folgenden Verfahren aus Er-

satzmessungen ermittelt werden:

- Messungen an Ersatzimmissionsorten,
- Rundum-Messung,
- Schalleistungsmessungen von Einzelanlagen oder Anlagengruppen.

Die Verfahren nach den Buchstaben b oder c sollen nur eingesetzt werden, wenn wegen der örtlichen Gegebenheiten das Verfahren nach Buchstabe a nicht angewandt werden kann.

#### A.3.4.2 Vorgehensweise bei Messungen an Ersatzimmissionsorten

Es werden ein oder mehrere in der Regel näher zur Anlage gelegene Ersatzimmissionsorte festgesetzt, an denen die für den maßgeblichen Immissionsort kennzeichnende Geräuschsituation ermittelt werden kann und an denen der Pegel des Anlagengeräusches ausreichend weit über dem Fremdgeräuschpegel liegt.

Für jeden Ersatzimmissionsort ist bei der Prognose nach Nummer A.2 der Beurteilungspegel mit den gleichen Anlagendaten zu berechnen wie für die maßgeblichen Immissionsorte. Im Genehmigungsbescheid ist für alle festgelegten Ersatzimmissionsorte anzugeben, bei welchen (höchstens) Beurteilungspegeln die Einhaltung der Immissionsrichtwerte an den maßgeblichen Immissionsorten sichergestellt ist.

#### A.3.4.3 Vorgehensweise bei der Rundum-Messung

Es wird eine Rundum-Messung, z. B. nach ISO 8297, Ausgabe Dezember 1994, festgesetzt. Als Messergebnis wird der immisionswirksame Schalleistungspegel der Anlage bestimmt. Daraus sind nach dem unter Nummer A.2 angegebenen Prognoseverfahren die Beurteilungspegel für die maßgeblichen Immissionsorte zu berechnen, wobei die Anlage als eine Schallquelle zu betrachten ist.

#### A.3.4.4 Vorgehensweise bei Schalleistungsmessungen

Es wird festgesetzt, dass die Schalleistungspegel der Anlage einzeln oder in Gruppen zu messen sind. Die Schalleistungspegel aller relevanten Quellen der Anlage sind in der Regel nach einem der in Nummer A.2.2 genannten Verfahren zu bestimmen. Ansonsten ist in möglichst enger Anlehnung an die dort genannten Normen zu messen. Aus den Schalleistungspegeln aller relevanten Quellen

### Im 4.1.1

der Anlage sind die Beurteilungspegel an den maßgeblichen Immissionsorten zu berechnen.

#### A.3.5 Meßbericht

Die Geräuschimmissionsmessungen sind in einem Bericht darzustellen, der die erforderlichen Angaben enthält, um die Durchführung der Ermittlungen und die Darstellung der Ergebnisse nachvollziehen sowie die Qualität der Ergebnisse einschätzen zu können. Im Bericht ist insbesondere anzugeben:

- Bezeichnung der Anlage,
- Antragsteller,
- Auftraggeber,
- Name der Institution und des verantwortlichen Bearbeiters,
- Aufgabenstellung,
- verwendetes Verfahren,
- Lageplan, aus dem die Anordnung (gegebenenfalls Koordinaten mit Bezugsgrößen) der Anlage, der relevanten Schallquellen, der maßgeblichen Immissionsorte und gegebenenfalls der Ersatzimmissionsorte zu ersehen ist,
- Ort und Zeit der Messungen,
- Schallausbreitungsbedingungen,
- Messgeräte sowie Maßnahmen zur Sicherung einer ausreichenden Messsicherheit,
- Betriebsweise und Auslastung der Anlage(n) während der Messungen,
- Fremdgeräuschsituation während der Messungen, gegebenenfalls Schallpegelkorrekturen,
- Beurteilungspegel, Maximalpegel sowie die zugehörigen Bestimmungsgrößen,
- Qualität der Ergebnisse,
- gegebenenfalls erforderliche Angaben nach Nummer A.3.4 bei Ersatzmessungen.

## **Unterrichtung**

durch die Bundesregierung

### **Sondergutachten**

**des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen**

**Umwelt und Gesundheit**

**Risiken richtig einschätzen**

<b>3.5 Umweltbedingte Lärmwirkungen.....</b>	<b>158</b>
----------------------------------------------	------------

### 3.5 Umweltbedingte Lärmwirkungen

#### 3.5.1 Schall und Lärm

**387.** Mit den allgemein gebräuchlichen Ausdrücken *Lärm*, *Lärmwirkungen*, *Lärmwirkungsforschung* sind objektiv meßbare *Schall*belastungen gemeint sowie deren Wirkungen und die Erforschung dieser Wirkungen. Schall, der als lästig erlebt wird oder zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führt, wird als Lärm bezeichnet. Lärm selbst kann nicht gemessen werden, sondern nur die physikalischen Bestandteile des Schalles können exakt definiert und die im menschlichen Organismus durch diesen Schall ausgelösten Wirkungen beschrieben werden.

Tabelle 3.5-1

#### Pegelbereiche für Lärm in der Umwelt

dB(A)	Beispiele
0	Definierte Hörschwelle
10	Blätterrauschen im Wald
20	Tropfender Wasserhahn
30	Flüstern
40	Brummen eines Kühlschranks; leise Radiomusik
50	Leise Radiomusik; übliche Tagespegel im Wohnbereich
60	Umgangssprache; Pkw in 15 m Abstand
70	Rasenmäher; Schreibmaschine in 1 m Abstand
80	Pkw mit 50 km/h in 1 m Abstand; max. Sprechlautstärke
90	Lkw-Motor in 5 m Abstand; Pkw mit 100 km/h in 1 m Abstand
100	Kreissäge; Lärm in einem Kraftwerk; Posaunenorchester
110	Propellerflugzeug in 7 m Abstand; Bohrmaschine; laute Diskothek
120	Verkehrsflugzeug in 7 m Abstand; Beginn der Schmerzgrenze
130	Düsenjäger in 7 m Abstand; Walkman Maximalbelastung; Schmerzgrenze
160	Gewehrscuß in Mündungsnähe

Quelle: SEIDEL, 1998; GRIEFAHN, 1988; modifiziert und erweitert

Physikalisch handelt es sich bei Schall um mechanische Wellen, die sich im Raum ausbreiten. Der Schalldruckpegel wird in Dezibel (dB) gemessen und nach einer sogenannten Bewertungskurve A bewertet. Die A-Bewertung berücksichtigt die frequenzabhängige Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs. Meßergebnisse für Lärmpegel werden üblicherweise in dB(A) angegeben (siehe Kasten „Lärmmessung“). Die Hörfähigkeit des Menschen umfaßt die Frequenzen von 16 Hz bis 16 000–20 000 Hz und die Schallpegel von 0 bis etwa 120 dB(A). Für die Altersschwerhörigkeit ist ein eingeschränktes Hörvermögen im Bereich der oberen Frequenzen typisch. In Tabelle 3.5-1 sind einige für unsere Umwelt typische Pegelbereiche angegeben.

Schall wirkt unmittelbar auf das Ohr, indem das Innenohr durch die Schallenergie belastet wird. Durch übermäßige Belastung kann das Innenohr so geschädigt werden, daß eine Lärmschwerhörigkeit auftritt. Neben diesen – auf das Ohr bezogenen – *auralen* Wirkungen gibt es *extraaurale*, d.h. jenseits des Hörorgans bewirkte Funktionsänderungen im physiologischen, psychologischen und sozialen Bereich.

**388.** Die Lärmbelastung ist in Deutschland wie in anderen europäischen Ländern sehr hoch. So sind schätzungsweise 20 % der Bevölkerung der Europäischen Union (das sind circa 80 Millionen Menschen) tagsüber ständig verkehrsbedingten Lärmpegeln über 65 dB(A) ausgesetzt. Dominierende Lärmquelle ist der Straßenverkehr. In Deutschland ist die Geräuschbelastung durch Straßenverkehr trotz technischer und planerischer Lärminderungsmaßnahmen auf einem hohen Niveau in etwa gleich geblieben (Tab. 3.5-2). Etwa 15,6 % der Bevölkerung der alten Bundesländer sind tags mit Mittelungspegeln von über 65 dB(A) belastet, etwa 30 % sind auch nachts Pegeln über 50 dB(A) ausgesetzt. Die gesundheitliche Relevanz derartiger Lärmbelastungen wird derzeit intensiv erforscht und kontrovers diskutiert. Die Diskussion über mögliche extraaurale Effekte des Lärms konzentriert sich auf kardiovaskuläre Reaktionen und die Frage, ob Umweltlärm in der Pathogenese des Bluthochdrucks eine Rolle spielen kann. Unbestritten ist, daß die Belästigung durch Lärm die am häufigsten wahrgenommene Form der Umweltbelastung ist. So fühlen sich etwa 70 % der Deutschen durch Straßenverkehrslärm und etwa 50 % durch Luftverkehrslärm belastigt (Tab. 3.5-3).

Tabelle 3.5-2

**Geräuschbelastung der Bevölkerung in Prozent  
(Straßenverkehr alte Bundesländer)**

		Mittelungspegel in dB(A)						
		>45 bis 50	>50 bis 55	>55 bis 60	>60 bis 65	>65 bis 70	>70 bis 75	>75
Tag	1992	16,5	15,8	17,9	15,6	9,1	5,2	1,5
	1997	16,4	15,8	18,0	15,3	9,0	5,1	1,5
Nacht	1992	17,7	14,7	9,8	4,3	2,9	0,2	0,0
	1997	17,6	14,3	9,3	4,2	2,9	0,2	–

Quelle: UBA, 1999

### Lärmmessung

- Der **Schall(druck)pegel L** ist eine objektiv meßbare Größe, die in **Dezibel (dB)** angegeben wird. Der hörbare Bereich umfaßt die Schalldruckpegel von  $10^{-5}$  bis  $10^2$  Pa; dies entspricht auf der Dezibel-Skala 0 bis 130 dB.
- Die Schallwahrnehmung hängt nicht nur vom Schalldruck, sondern auch von der Tonhöhe, d.h. von der **Schwingungsfrequenz der Schallwellen** ab. Wahrnehmbar sind Frequenzen von 16 bis 20 000 Hz.
- Die Hörempfindlichkeit geht nicht in allen Frequenzbereichen mit dem physikalisch meßbaren Schallpegel parallel. Um eine hörgerechte Schallmessung zu erreichen, wird das physikalische Meßergebnis korrigiert, meistens nach der Bewertungskurve A. Der **A-bewertete Schallpegel L(A)** mit der Maßeinheit **dB(A)** stellt eine ausreichende Annäherung an die menschliche Lautstärkeempfindung dar. Eine Zu- bzw. Abnahme um 10 dB(A) wird als Verdoppelung bzw. Halbierung der Lautstärke wahrgenommen.
- Zur Beurteilung längerfristiger, im Schallpegel schwankender Geräusche, wird bei einer kontinuierlichen Pegelmessung der mittlere Verlauf als **Mittelungspegel L<sub>m</sub>** oder als **energieäquivalenter Dauerschallpegel L<sub>eq3</sub>** (international L<sub>Aeq</sub>) berechnet. Beide Kennwerte sind in Deutschland identisch definiert – mit Ausnahme von Messungen nach dem Fluglärmsgesetz. Unter Verwendung des Halbierungsparameters  $q = 3$  entspricht eine Erhöhung des energieäquivalenten Dauerschallpegels um 3 dB einer Halbierung der Einwirkzeit.
- Bei **Beurteilungspegeln L<sub>r</sub>** bezieht sich die Mittelung auf bestimmte Zeiträume, z.B. 16 Stunden am Tag oder 8 Stunden in der Nacht. Durch Hinzufügen von Zuschlägen kann aus L<sub>eq</sub> ein Beurteilungspegel gebildet werden, der den Störgrad verschiedener Lärmarten berücksichtigt, z.B. ein Impulzzuschlag von 2 bis 4 dB(A) zur Berücksichtigung schneller Pegeländerungen.
- Für bestimmte Fragestellungen empfiehlt sich die zusätzliche Berücksichtigung des **Maximalpegels L<sub>max</sub>** oder des **Spitzenpegels L<sub>1</sub>**, der nur in 1 % der Meßdauer erreicht oder überschritten wird.
- Zeitkonstanten der Meßgeräte (Fast, Slow, Impulse) kennzeichnen die gerätetechnische Anstiegszeit. Mit „Fast“ und „Impulse“ werden schnelle Pegeländerungen besser erfaßt als mit „Slow“.

### 3.5.2 Grundlagen der medizinischen Wirkungen von Lärm

Die medizinische Wirkung von Schall und Lärm erstreckt sich auf zwei getrennt zu betrachtende Bereiche: den auralen und den extraauralen Bereich. In beiden Bereichen der Lärmwirkung ist zwischen akuten (meist

reversiblen) und chronischen (meist irreversiblen) somatischen Wirkungen zu unterscheiden. Extraaurale Wirkungen haben zudem eine starke psychische Komponente, die über psychosomatische Reaktionen die physiologischen Lärmwirkungen beeinflusst.

### 3.5.2.1 Aurale Lärmwirkungen und Lärmschwerhörigkeitsrisiken

**389.** Im auralen Bereich kann eine sehr starke Schallbelastung (z.B. 90 dB(A)) zu einer Hörermüdung führen, die subjektiv als „Vertäubung“ erlebt wird, die jedoch nach einer ausreichend bemessenen Ruhezeit wieder verschwindet. Bei extrem hohen Schalldruckpegeln (Knalle, Explosionen) können irreparable Gehörschäden schon durch Einzelschallereignisse verursacht werden. Bei lärmbelasteten Industriearbeitern reicht in der Regel eine 16- bis 18-stündige Freizeit nach der Schicht aus, um das Gehör wieder voll funktionsfähig zu machen. Wenn dagegen Vertäubungen über Jahre und Jahrzehnte regelmäßig immer wieder auftreten, ermüdet das Hörorgan so stark, daß die Zeit zwischen den Lärmbelastungsperioden nicht ausreicht, um die Vertäubung vollständig aufzuheben. Der Betroffene geht mit einer Restvertäubung in die neue Schicht, bis es schließlich zu einer permanenten Vertäubung, d.h. zu einer Lärmschwerhörigkeit kommt. Bei einem Lärmpegel von 90 dB(A) entwickeln etwa 5 % der exponierten Personen eine Lärmschwerhörigkeit. Für ständige (24-stündige) Lärmbelastung gelten 70 bis 75 dB(A) als Schwelle für Schwerhörigkeit.

In der Arbeitsstättenverordnung ist ein Mittelungspegel von 85 dB(A) als Beginn eines Lärmschwerhörigkeitsrisikos angegeben. Wenn diese Lärmbelastung über einen Zeitraum von 10 Jahren und täglich 8 Stunden auf das Ohr einwirkt, verursacht sie bei 1 % der Arbeitnehmer eine Lärmschwerhörigkeit. Aber selbst bei sehr hohen Mittelungspegeln (z.B. 100 dB(A)) kommt es nicht bei allen, sondern nur bei einem bestimmten Prozentsatz der Betroffenen zur Lärmschwerhörigkeit, und bei den Lärmschwerhörigen sind bei gleicher Belastung unterschiedliche Ausprägungen der Schädigungen festzustellen. Bisher ist nur die Lärmschwerhörigkeit als durch Lärm verursachte Krankheit anerkannt. Sie ist mit etwa 30 % aller Anzeigen die am häufigsten entschädigte Berufskrankheit in Deutschland.

**390.** Einige Situationen im Freizeitbereich sind ebenfalls mit auralen Risiken behaftet. Sie sind dem Bereich der Selbstschädigung zuzuordnen. Besonders alarmierend ist die Situation bei Vorrichtungen zur Knallerzeugung, wie Schreckschußwaffen, Spielzeugpistolen oder Feuerwerkskörpern. Hier liegen die Spitzenpegel z.T. weit über der Schädigungsschwelle für Einzelereignisse. Schon ein einziger Knall mit dem effektiven Schalldruckpegel von 190 dB(A) kann das ungeschützte Innenohr irreparabel schädigen.

Auch häufige Belastungen durch Musik, die durch Lautsprecher verstärkt wird, führen – in Abhängigkeit von den Schallpegeln und von der Häufigkeit des Besuchs solcher Veranstaltungen – zu auralen Wirkungen. Bisherige Messungen von Pegelverläufen in Diskotheken oder

bei Pop-Konzerten ergaben äquivalente Dauerschallpegel, die fast immer über dem Gefährdungskriterium 85 dB(A) liegen, nicht selten aber 93 bis 96 dB(A) betragen. Das bedeutet, daß die in diesen Geräuschen auftretenden Einzelpegel bis an 116 dB(A) oder an die Schmerzschwelle heranreichen. Höruntersuchungen im Rahmen der Musterung zum Militärdienst ergaben bei 24 % der Untersuchten auffällige Hörbefunde. Männer, die mehr als einmal in der Woche eine Diskothek besuchten, wiesen eine 1,3-fach häufigere Hörschädigung auf als solche, die seltener dorthin gingen. Die Berechnung des attributiven Risikos ergab, daß bei den Diskothekenbesuchern mit auffälligem Hörverlust insgesamt 23 % der Fälle dem Einfluß des Diskothekenlärms zuzuschreiben waren (STRUWE et al., 1995).

Ein weiteres gesundheitliches Problem stellt das häufige Tragen von ohrnahen Schallquellen (z.B. Walkman) dar. Das Risiko einer Gehörschädigung ist bei denjenigen, die über Kopfhörer mehr als 500 Stunden pro Jahr laute Musik (über 85 dB(A)) gehört haben, auf das 1,8-fache gegenüber der weniger häufig hörenden Kontrollgruppe erhöht. 44 % der Fälle von Hörschäden können dem lauten Walkman-Hören zugeschrieben werden (STRUWE et al., 1996).

**391.** Im Umweltbereich können extreme Einzelpegel bei Tiefflügen auftreten. Üblicherweise liegen die Schallbelastungen aber unter 85 dB(A); die Lärmschwerhörigkeit als Folge der Exposition spielt daher keine Rolle. Im Bereich der Umweltmedizin sind statt dessen die extraauralen Wirkungen Gegenstand experimenteller und epidemiologischer Forschung. Inzwischen gibt es Anhaltspunkte, die auf einen Zusammenhang zwischen chronischer Verkehrslärmbelastung und der Entwicklung von Herz-Kreislauf-Krankheiten hinweisen. In der Arbeitsmedizin werden extraaurale Beeinträchtigungen zwar auch zur Kenntnis genommen (z.B. Bluthochdruckentwicklung), die Maßnahmen beschränken sich jedoch fast vollständig auf die Einhaltung des Grenzwertes von 85 dB(A) und auf die Prophylaxe der Lärmschwerhörigkeit.

### 3.5.2.2 Extraaurale Lärmwirkungen

#### Akute physiologische Lärmwirkungen

**392.** Lärm und Schall generell wirken nicht nur auf den Gehörsinn, sondern beeinflussen über zentralnervöse Impulse den Gesamtorganismus. Das autonome (vegetative) Nervensystem wird direkt oder indirekt über zentralnervöse Strukturen erregt und beeinflusst dann eine Reihe von vegetativen Funktionen, z.B.

- Freisetzung von ACTH (adrenocorticotropes Hormon), Cortisol und Katecholaminen (Adrenalin und Noradrenalin),
- Steigerungen von Herzfrequenz, Blutdruck, Atmungsfrequenz, Schweißsekretion, Magensaftproduktion,
- Vergrößerung der Pupillenfläche,
- Erhöhung der Muskelspannung,
- Verringerungen von peripherer Durchblutung und Hautwiderstand.

Diese physiologischen vegetativen Reaktionen sind nicht als krankhafte Veränderungen des menschlichen Organismus aufzufassen. Sie zeigen vielmehr an, daß der Organismus auf ein erhöhtes Aktivitätsniveau angehoben wird. Sie werden als ergotrope bzw. sympathikotone Reaktionen bezeichnet und sind in der Regel vorübergehender Natur.

**393.** Die schallbedingten Änderungen physiologischer Funktionen (periphere Gefäßverengung, Pupillenerweiterung u.ä.) fallen je nach Höhe der Schalldruckpegel unterschiedlich stark aus. Für gewohnte, bedeutungsarme oder bedeutungsarm gewordene Geräusche liegt der Schwellenwert (Beginn der Reaktionen) im Wachzustand bei Maximalpegeln oder kurzfristigen Einwirkungen zwischen 60 und 65 dB(A). In der Nacht liegt – entsprechend der größeren Empfindlichkeit des vegetativen Nervensystems und damit der Regulation der Durchblutung – der Schwellenwert für Vasokonstriktionen im Bereich zwischen 50 und 55 dB(A).

**394.** Anhand der Pupillenerweiterung bei zunehmender Schallbelastung konnte JANSEN (1967) als Schwellenwert für eine gesunde Reizverarbeitung den Wert von 99 dB(A) ermitteln. Im Bereich von 65 bis 99 dB(A) läßt sich, wie bei körperlicher oder mentaler Arbeit, eine Gewöhnung feststellen; die Reaktionen in der Peripherie fallen nach einiger Zeit nicht mehr so stark aus, obwohl der Lärm anhält. Gewöhnung ist bis in den Bereich von 85 dB(A) immer zu beobachten, ist aber zwischen 85 und 99 dB(A) zunehmend schwächer ausgeprägt. Ab 100 dB(A) treten nur noch Defensivreaktionen auf, hier ist also eine Gewöhnung nicht mehr möglich. Die Reaktionen sind als übersteuert und damit als potentiell pathogen zu bezeichnen. Als Schwellenwert zwischen normaler Verarbeitung von Schallreizen und Beginn der vegetativen Übersteuerung wurde der Maximalpegel von 99 dB(A) ermittelt.

**395.** Nach der Bestimmung des Schwellenwertes für die physiologische Verarbeitung wurden in zusätzlichen Untersuchungen mit überkritischen (105 dB(A) betragenden) Pegeln Kreislaufmessungen bei gesunden und erkrankten Personen durchgeführt. Die Untersuchungsergebnisse bestätigten die Auffassung, daß bei häufigen Überschreitungen des Schwellenwertes von 99 dB(A) mit pathologischen Reaktionen gerechnet werden muß. Auch epidemiologische Nachuntersuchungen zeigten, daß häufige überkritische Maximalpegelbelastungen zu einer erhöhten Erkrankungsrate im Herz-Kreislauf- sowie im neurovegetativen Bereich führen (JANSEN, 1983 und 1967). Bei *seltenen* Belastungen ist eine Gesundheitsbeeinträchtigung jedoch nicht zu erwarten.

**396.** Ähnlich wie langzeitige Überlastungen durch körperliche Arbeit eine Gefährdung der Gesundheit bewirken, können übermäßig hohe und lang einwirkende Schallbelastungen zu Gesundheitsbeeinträchtigungen im extraauralen Bereich führen. Bei fortgesetzter oder zu intensiver Reizung kommt es zu einem Überwiegen der oben beschriebenen ergotropen (leistungssteigernden) Reaktionen zu Lasten der notwendigen, ausgleichenden Phasen. Aus dieser Verschiebung des Gleichgewichts resultiert eine verstärkte Beanspruchung des Organismus mit erhöhtem Energieumsatz und erhöhtem Verschleiß.

Folglich ist auf dem extraauralen Sektor nicht mit einer spezifischen Lärmkrankheit zu rechnen, sondern Lärm wirkt als Streßfaktor und kann als solcher Erkrankungen begünstigen, die durch Streß mitverursacht werden. Dies sind hauptsächlich Herz-Kreislauf-Krankheiten.

### Lärm als Streßfaktor

**397.** Streß ist eine reizunspezifische Reaktion auf Anforderungen und Belastungen. Auslösende Ursachen für die Streßreaktion können Infektionen, Verletzungen, Kälte- oder Hitzebelastungen, starke Schallreize sowie alle Reize mit emotionaler Beteiligung sein. Die Streßreaktion dient der Sicherung der Leistungsfähigkeit und liefert Energie für körperliche und mentale Belastungen. Charakteristisch für die Streßreaktion ist eine gesteigerte Sympathikusaktivität und eine verstärkte Ausschüttung von Streßhormonen.

Mäßige Belastungen stellen für den Menschen eine Herausforderung dar, die für die Entwicklung und die Stärkung der körperlichen Verfassung des menschlichen Organismus eine hohe Bedeutung haben – in diesen Fällen spricht man von Eustreß. Eustreß ist immer zeitweilig, d.h. der Aktivierung folgt eine entsprechende Phase der Entspannung und Erholung. Bei permanenter Aktivierung oder Überaktivierung entsteht Distreß. Distreß kann pathologische Prozesse auslösen, da infolge langfristiger Beanspruchung bzw. wiederholter Überbeanspruchung Funktionssysteme geschädigt werden können. Von dieser Dysregulation sind in erster Linie das Herz-Kreislauf-System, der Verdauungstrakt und das Immunsystem betroffen.

Beim Lärm ist im physiologischen Bereich die Übersteuerungsgrenze von 99 dB(A) ein Indiz für Distreß. Auf psychologischer Ebene führen schon Lärmbelastungen, bei denen Erheblichkeit vorliegt, zu Distreß. Es ist davon auszugehen, daß schon erhebliche Belästigungen auch Rückwirkungen auf die psychosomatische Gesundheit haben. Im medizinischen Sinne ist der Streßfaktor „Lärm“ jedoch nur einer von vielen Risikofaktoren für die menschliche Gesundheit.

**398.** Vereinfacht lassen sich in der Streßforschung zwei Situationen unterscheiden:

- die Kampf-/Fluchtreaktion mit erhöhter Freisetzung von Adrenalin und Noradrenalin;
- die Niederlagereaktion mit erhöhter Freisetzung von Cortisol.

Entsprechend führen unterschiedlich starke, beziehungsweise ungewohnte oder gewohnte Lärmbelastungen bei wachen Personen zu verschiedenen Typen von Streßreaktionen (ISING et al., 1998):

- Bei hoher ungewohnter Lärmbelastung mit Schallpegeln über 90 dB(A) kommt es zu einer erhöhten Freisetzung von Adrenalin und Noradrenalin aus dem Nebennierenmark mit Wirkung auf Effektororgane, z.B. Blutgefäße.
- Bei gewohnter Lärmbelastung mit Pegeln über 90 dB(A) (z.B. Arbeitslärm) wird Noradrenalin aus den Nervenendigungen des sympathischen Nervensystems freigesetzt.

- Bei extremer Lärmbelastung mit Schallpegeln über 120 dB(A) (z.B. Tieffluglärm) erfolgt eine erhöhte Freisetzung von Cortisol aus der Nebennierenrinde mit Störung der allgemeinen Stoffwechsellage.

Bei Kombination von Lärm mit synergistisch wirkenden Belastungen (Kälte, Magnesiummangel, Störung von Konzentration und Kommunikation) führen bereits deutlich geringere Lärmbelastungen zu erhöhter Stresshormonausschüttung. So erhöhte Straßenverkehrslärm mit einem Mittelungspegel von 60 dB(A) die Noradrenalin-freisetzung bei erwachsenen Personen. Lärmbedingte Stressreaktionen laufen auch im Schlaf ab, da das Gehör als Warnsystem ständig auf Empfang geschaltet ist (ISING et al., 1998).

#### Adaption und Gewöhnung

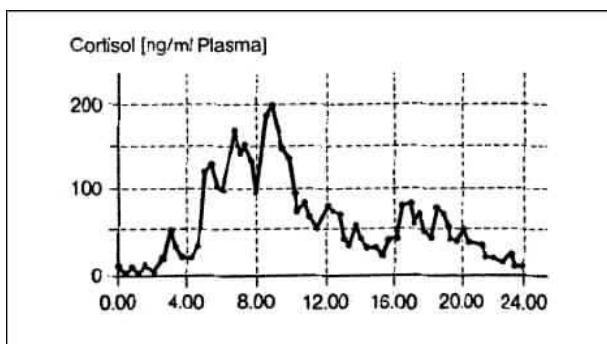
**399.** Bei langdauernden oder wiederholten Einwirkungen des gleichen Stressfaktors nimmt die Stärke der Stressreaktion mehr und mehr ab und es tritt eine physiologische Adaption ein. Ein solcher Anpassungsprozeß, der sich im Zeitraum von einigen Tagen bis zu mehreren Monaten vollzieht, ist streng stressorspezifisch (z.B. Anstieg der Erythrocytenzahl bei Sauerstoffmangel). Die unspezifischen Stressreaktionen (z.B. die Erhöhung der Stresshormone) nehmen mit wiederholten Belastungen ebenfalls ab. Dieser Anpassungsprozeß, der sich in kürzeren Zeiten vollzieht, wird als Gewöhnung (Habituation) bezeichnet und auch bei Lärm beobachtet (THEWS und VAUPEL, 1990).

#### Lärmwirkungen im Tag/Nacht-Verlauf

**400.** Zahlreiche biologische Funktionen (z.B. endokrine Regelkreise) bzw. ihre Parameter (z.B. Blutdruck, Herzfrequenz, Cortisolausschüttung) unterliegen einem Tag/Nacht-Verlauf (circadianer Rhythmus). So erreicht die Cortisolkonzentration zwischen 7 Uhr und 12 Uhr vormittags einen ausgeprägten Gipfel und sinkt dann langsam ab, um etwa gegen Mitternacht ein Minimum zu erreichen (Abb. 3.5-1). Die Ausschüttung der Katecholamine folgt demselben circadianen Rhythmus, der als leistungsbeeinflussend gilt. Die Circadianrhythmik weist ein Maximum und ein Minimum auf. Durch den

Abbildung 3.5-1

#### Sekretionsprofil von Cortisol über 24 Stunden bei einem gesunden Probanden



Quelle: JANSEN et al., 1999

Wechsel von Arbeit und Pause, verbunden mit Nahrungsaufnahme, wird diese „Eingipfeligkeit“ jedoch überformt. Es entsteht eine zweigipfelige Kurve der *Leistungsbereitschaft* mit einem Leistungshoch am Vormittag und einem zweiten, weniger ausgeprägten am Nachmittag. Der Tiefpunkt liegt in der Nacht. Dieser Verlauf kann durch andersartige Arbeitszeiten oder Verhaltensmuster jederzeit durchbrochen werden, weil der menschliche Organismus die Fähigkeit zur Anpassung besitzt.

**401.** Im Verlauf des circadianen Rhythmus sind zu unterschiedlichen Zeitpunkten unterschiedliche Lärmempfindlichkeiten hinsichtlich Reaktivität bzw. Aktivierung nachzuweisen. Zwischen Minima und Maxima der tagesrhythmischen Empfindlichkeit sind Wirkungsdifferenzen im Verhältnis 1:10 zu verzeichnen. Bei einem einzigen Immissionsgrenzwert für den 16 h-Tag sind insbesondere die Abendstunden kritisch. Aus präventivmedizinischer Sicht wird daher vorgeschlagen, den 24 h-Tag in kleinere Zeitbereiche einzuteilen. Insbesondere der Bereich zwischen 19 Uhr und 22 Uhr wird als labile Phase mit herabgesetztem Aktivierungsniveau betrachtet (MASCHKE und HARDER, 1998).

Nach JANSEN et al. (1999) ist eine weitergehende Unterteilung der vorgegebenen 16 Tages- und 8 Nachtstunden in „Zeitscheiben“ aus physiologischer Sicht nicht zwingend. Wenn in einigen Regelwerken unterschiedliche Beurteilungen etwa der Abend- oder Morgenstunden vorgenommen werden, so könne dies medizinisch nicht begründet werden. Aus verhaltenssoziologischen Gründen mag eine Dreiteilung der Wachzeiten hingegen sinnvoll sein. So wird in einer Studie des TÜV Rheinland (1999) vorgeschlagen, von der einfachen Tag/Nacht-Unterscheidung zur Teilung des 24 h-Tages in Arbeitstag, morgendliche und abendliche Übergangszeiten (Freizeit, Geselligkeit) und nächtliche Kernzeit überzugehen (Abschn. 3.5.8 und 3.5.9).

#### Beeinflussung der Lärmwirkung durch nichtakustische Faktoren

**402.** Ein Schallreiz ruft in einer betroffenen Person grundsätzlich eine Reaktion hervor, aber beeinflussende (moderierende) Faktoren, die selbst nicht vom Ausmaß der akustischen Belastungen abhängen, steuern die Reaktion in Richtung einer Verstärkung oder Abschwächung. Bei der Beurteilung und Prävention von gesundheitlichen Lärmwirkungen müssen gleichzeitig auch die moderierenden Variablen miteingefasst werden. Im wesentlichen handelt es sich hierbei um individuelle oder auch gesellschaftlich vorherrschende Einstellungen und Werturteile (siehe auch Abschn. 3.5.3). Auch stoffliche Belastungen und Mangelzustände sowie psychische Situationen wie z.B. Zeitdruck sind als Einflußfaktoren bekannt. Von besonderer Bedeutung für die Lärmwirkung ist die Beeinflussung durch biologische Rhythmen. Schon im Umweltgutachten 1987 hat der Umweltrat auf diese Zusammenhänge hingewiesen (SRU, 1988, Tz. 1445 ff.).

**403.** In jüngster Zeit wird ein Zusammenwirken von Lärmbelastung und Mangel an Serum-Magnesium bei der Entstehung einer Hypertonie diskutiert. So konnten



ALTURA et al. (1993) in Tierversuchen zeigen, daß eine magnesiumarme Diät einen lärmbedingten Bluthochdruck verstärken kann. Nach Meinung der Autoren könne eine Magnesiumunterversorgung einen bedeutenden Risikofaktor bei der Ätiologie von lärmbedingtem wie wahrscheinlich auch essentiell Bluthochdruck darstellen. Ebenfalls in Tierversuchen (an Ratten) konnte gezeigt werden, daß Magnesiummangel und Lärm synergistisch die Noradrenalinausscheidung erhöhen. Langzeitfolgen der Kombinationsbelastung waren eine beschleunigte Alterung des Herzmuskels – gemessen als Anstieg des Calcium-Magnesium-Quotienten im Herzmuskel – und eine Verkürzung der Lebensdauer. Beide Parameter wurden in der Magnesiummangel-Gruppe signifikant verstärkt (ISING, 1998). Für die Zusammenhänge zwischen Magnesium-Bilanz und fluglärmbedingter Streßhormonausscheidung liegen auch Human-  
daten vor (s. Abschn. 3.5.4.1).

### 3.5.3 Belästigung durch Lärm

**404.** Wie bereits in der Definition von „Lärm“ deutlich wurde, spielt die subjektiv erlebte Belästigung eine zen-

trale Rolle in der menschlichen Schallwahrnehmung. Belästigung durch Lärm kann bereits bei mittleren Schallpegeln auftreten und ist daher die häufigste Wirkung von Umweltlärm. In Deutschland fühlen sich etwa zwei Drittel der Bevölkerung durch Straßenverkehrslärm belästigt. Die zweitwichtigste Quelle für Lärmbelästigung ist der Flugverkehr, gefolgt von Schienenverkehr, Industrie und Gewerbe sowie von lauter Nachbarschaft (Tab. 3.5-3).

**405.** Nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz zählen zu den schädlichen Umwelteinwirkungen neben „Gefahren“ auch „erhebliche Belästigungen“. Dieser Begriff wird je nach Vorbelastung, Gebietsqualität und anderen raumbedeutsamen Faktoren, insbesondere der wirtschaftlichen Bedeutung der emittierenden Anlage, differenziert ausgelegt. Als erhebliche Belästigung im medizinischen Sinne wird im allgemeinen derjenige äquivalente Dauerschallpegel angesehen, bei dem sich 25 % der Befragten stark belästigt fühlen. Die Schwellenwerte für Belästigungsreaktionen liegen bei 50 bis 55 dB(A); für erhebliche Belästigungen liegen sie um 10 dB(A) höher. Die erhebliche Belästigung im medizinischen Sinne ist daher zu unterscheiden von dem Begriff der erheblichen Belä-

Tabelle 3.5-3

#### Anteil lärmbelästigter Personen in Deutschland von 1984 bis 1994

(Angaben in %)

Anteil Belästigter durch		1984	1986	1987	1989	1991	1992	1993	1994
<b>Straßenverkehr</b>	D						70	75	69
	AL/NL	61/–	65/–	54/–	69/–	69/85	66/84	72/85	66/79
davon stark belästigt	D						24	24	22
	AL/NL	21/–	25/–	19/–	23/–	21/35	20/40	21/36	18/37
<b>Flugverkehr</b>	D						48	50	42
	AL/NL	37/–	48/–	37/–	53/–	58/37	54/31	54/34	46/27
davon stark belästigt	D						14	12	9
	AL/NL	11/–	17/–	14/–	20/–	2	3	4	3
<b>Schienenverkehr</b>	D						21	24	21
	AL/NL	17/–	19/–	14/–	20/–	24/24	20/26	23/29	20/24
davon stark belästigt	D						3	4	3
	AL/NL	3/–	4/–	3/–	3/–	4/4	3/5	3/6	3/3
<b>Industrie</b>	D						19	22	21
	AL/NL	23/–	21/–	14/–	23/–	21/23	18/23	22/26	21/23
davon stark belästigt	D						3	4	3
	AL/NL	4/–	4/–	2/–	3/–	3/3	3/4	4/3	3/3
<b>Nachbarn</b>	D						23	22	22
	AL/NL	27/–	30/–	–/–	31/–	23/23	23/25	21/25	19/27
davon stark belästigt	D						5	5	6
	AL/NL	4/–	4/–	–/–	4/–	4/6	4/7	4/7	5/7
<b>Sportanlagen</b>	D						8	7	7
	AL/NL	10/–	13/–	8/–	13/–	11/4	8/8	7/7	8/6
davon stark belästigt	D						1	1	1
	AL/NL	1/–	1/–	1/–	2/–	1/–	1/1	1/–	1/1

AL/NL: alte/neue Bundesländer; Minuszeichen (–): keine Angaben

Quelle: UBA, 1998

stigung in den maßgeblichen Umweltgesetzen, bei denen es nicht allein auf die Reaktion der Betroffenen, sondern auch auf wirtschaftliche und soziale Faktoren ankommt.

In der juristischen Eingrenzung auf „erhebliche Belästigung“ hat dieser Begriff einen herausragenden Stellenwert für die Beurteilung unzumutbarer Schallimmissionen gewonnen und stellt die Lärmwirkungsforschung vor die Aufgabe, diese Erheblichkeitsgrenze inhaltlich zu präzisieren. Bei näherer Betrachtung ist die „Belästigung“ jedoch vielschichtig (vgl. GUSKI et al., 1998; LERCHER, 1998; SCHICK, 1997). Sie kann folgende Komponenten umfassen:

- die *Lästigkeit* eines Schallreizes, wie sie in psychophysiologischen Laborexperimenten untersucht wird. Zwar sind Einflüsse der Situation und der Person an solchen Lästigkeitsurteilen beteiligt, aber es lassen sich auch Zusammenhänge zwischen wahrgenommener Lästigkeit und akustischen Charakteristika des Schallereignisses wie Schärfe, Schwankungsbreite usw. ermitteln (vgl. ZWICKER, 1991);
- die *Emotion*, d.h. das Gefühl von Verärgerung, Belästigung oder Störung des persönlichen Wohlbefindens;
- die *Störung* oder Unterbrechung von alltäglichen Aktivitäten, insbesondere Störungen der Kommunikation und der Entspannung;
- psychosomatische *Symptome* wie Reizbarkeit, gespannte, Kopfschmerzen u.ä.

In der englischsprachigen Literatur werden die drei letztgenannten Komponenten unter „annoyance“ zusammengefaßt (CLARK, 1984), während im deutschsprachigen Raum häufiger ausdrücklich „Störungen“ untersucht werden. Diese unterschiedlichen Definitionen werfen erhebliche Probleme beim Vergleich von Forschungsergebnissen auf. Daher ist es als wichtiger Fortschritt zu begrüßen, daß es in jüngster Zeit auf internationaler Ebene Ansätze zur Standardisierung von Fragebögen zur Lärmbelästigung gibt (FELSCHER-SUHR et al., 1998; FIELDS et al., 1998; FIELDS, 1996).

**406.** Dosis-Wirkungs-Beziehungen zwischen Lärmpegel und Belästigung werden häufig anhand der Prozentzahlen erheblich Belästigter angegeben (z.B. SCHULTZ, 1978 in seinem Vorschlag einer allgemeingültigen Lärmbelastungskurve). Während sich die erfragte Belästigung als Erlebensqualität in vielen Studien als guter Indikator einer Schallbelastung erwiesen hat und bei unterschiedlichen Schallmaßen in der Regel einen klaren linearen Anstieg mit zunehmender Belastung zeigt, ist der Schnittpunkt, an dem eine *erhebliche Belästigung* beginnt, nach wie vor eher eine pragmatisch-politische Entscheidung als eine fundierte wissenschaftliche Aussage. Zudem birgt die häufig praktizierte Einschränkung auf den Prozentsatz erheblich Belästigter die Gefahr in sich, daß die tatsächlich in einer Bevölkerung vorhandene Gesamtheit an Belästigungen verzerrt dargestellt wird (vgl. BERGLUND und JOB, 1996; GUSKI, 1987). Dies ist ein äußerst wichtiger Kritikpunkt angesichts des in Westeuropa zu beobachtenden Trends, daß die Zahl stark belästigter Bürger sinkt, der Anteil von weniger stark belästigten jedoch steigt.

**407.** Auch wenn die erfaßten psychologischen Lärmwirkungen in der Regel deutlicher mit den physikalischen Kennwerten zusammenhängen als die medizinischen Wirkungen (GUSKI, 1987), wird die Streuung z.B. des Lästigkeitsurteils in einer Stichprobe in der Regel nur zu etwa einem Drittel durch akustische Faktoren geklärt. In den unter Tz. 405 aufgeführten Komponenten der „Belästigung durch Lärm“ sind situative und persönliche Einflüsse bereits impliziert, ganz deutlich in der Störung von Tätigkeiten, aber auch in den emotionalen und psychosomatischen Reaktionen. Mit dem Konzept der *Moderatorvariablen* (ROHRMANN, 1984), d.h. der Berücksichtigung von Faktoren, die den Zusammenhang von akustischer Belastung und Wirkungsparametern beeinflussen, kann die individuelle Streuung des Lästigkeitsurteils weiter aufgeklärt werden. Im wesentlichen werden in der Literatur folgende Einflußfaktoren genannt (LERCHER, 1998; SCHICK, 1997; GUSKI, 1987):

- *Faktoren der Geräuschquelle:* Informationsgehalt von Geräuschen, Kontrollierbarkeit und Vorhersehbarkeit des Geräusches, Einstellung des Betroffenen zur Geräuschquelle und zum Verursacher, Informationsstand über die Geräuschquelle, Einschätzung der Wichtigkeit oder Vermeidbarkeit des Geräusches, auch Sichtbarkeit der Geräuschquelle;
- *aktuelle Situation des Betroffenen:* vor allem Störungen von Konzentration und Arbeit, Schlaf oder Freizeitaktivitäten, situativ passender Kontext eines Geräusches;
- *sozialer Kontext und sonstige Umweltbedingungen:* Wohndauer, Zufriedenheit mit der eigenen Wohnsituation und dem Wohnumfeld, Rückzugsmöglichkeiten innerhalb der Wohnung, sonstige Umwelaspekte;
- *individuelle Faktoren der betroffenen Person:* gesundheitliche Befürchtungen oder Angstgefühle, allgemeine Lärmempfindlichkeit, Fähigkeit zur Lärmbewältigung, generelle Einstellung zu Lärm und Umweltproblemen, generelle subjektive Alltagsbelastung.

Diese Zusammenstellung häufig untersuchter Moderatorvariablen wird in einer transkulturellen Meta-Analyse von 282 Studien (FIELDS, 1992) bestätigt, in der für die folgenden Variablen in mehr als 50 % der Studien eine beeinflussende Wirkung auf die wahrgenommenen Belästigungen nachgewiesen wurden (Verstärkung (+) der Wirkung/Verminderung (–) der Wirkung):

- Selbsteinschätzung als allgemein lärmempfindlich (+)
- Überzeugung, daß der Verursacher den Lärm vermeiden könnte (+)
- mit dem Lärm assoziierte Angst vor Schädigungen (+)
- zusätzliche Belästigung durch nicht-akustische Faktoren, z.B. Befürchtungen um Luftverschmutzung, Gefahr von Flugzeugabstürzen, Wertverfall des Grundstücks u.ä. (+)
- Einschätzung der Lärmquelle als bedeutsam oder wichtig (–)
- Möglichkeiten des Schallschutzes (–).

**408.** In vielen Untersuchungen ist nachgewiesen worden, daß unterschiedliche Schallquellen bei gleicher akustischer Intensität deutlich in den wahrgenommenen Belästigungen differieren (vgl. LERCHER, 1998). Zusammenfassend läßt sich festhalten:

- Mehrere Studien belegen eine deutlichere Belästigung durch Fluglärm, vor allem hinsichtlich Störungen der Kommunikation und der Erholung. Die Anzahl der Flugbewegungen scheint eine wichtige Determinante für das Ausmaß der Belästigung zu sein.
- Autobahnlärm wird im Vergleich mit anderem Straßenverkehr als belästigender erlebt.
- Schienenverkehr erweist sich in den meisten Untersuchungen im Vergleich mit Straßenverkehr als Lärmquelle mit insgesamt geringerer Belästigungswirkung – allerdings in Abhängigkeit von Tageszeit, Pegelstärke und Zugfrequenz. Der pauschale Schienenbonus von 5 dB(A) bringt die Unterschiede in der wahrgenommenen Belästigung nicht zum Ausdruck. Feldstudien zur Frage, ob der Schienenbonus noch gerechtfertigt ist, sind in Arbeit (vgl. SCHÜMER-KOHRs et al., 1998).
- Industrie- und Gewerbelärm werden als besonders belästigend erlebt, insbesondere durch die Impulshaltigkeit und andere unangenehme Eigenschaften der Geräusche. Der übliche Zuschlag von 5 dB(A) für Impulshaltigkeit erscheint in vielen Fällen nicht ausreichend, um die Belästigung adäquat wiederzugeben.

Zu den genannten Umweltlärmquellen hat MIEDEMA (1993) in einer Metaanalyse einiger großer Feldstudien sehr detaillierte Zahlenangaben vorgelegt, bei welchen Schallpegeln welche Grade an Belästigungen zu erwarten sind.

**409.** Die *Schwellenwerte* für Belästigungen in der Bevölkerung liegen bei Mittelungspegeln von 50 bis 55 dB(A); für erhebliche Belästigung sind sie um 10 dB(A) höher. Als besonders belästigend wird bei Umfragen anhand von Belästigungsskalen die Störung der Kommunikation angegeben. Wie schon im Umweltgutachten 1987 ausführlich dargestellt, ist die Schwelle für eine entspannte und differenzierte Konversation in Wohnräumen bei einem Innenpegel von 40 dB(A) anzusetzen. Entsprechend den geringeren Erwartungen im Außenwohnbereich ist eine ausreichende Sprachverständlichkeit gegeben, wenn die Geräuschpegel 50 dB(A) nicht überschreiten (SRU 1988, Tz. 1433 bis 1435).

**410.** Eine wichtige Frage ist die *langfristige Entwicklung von Belästigungsreaktionen*, also eine eventuelle Gewöhnung an die Schallbelastung. Die wenigen Studien, in denen die Erfassung der Lärmbelastung nach einem bestimmten Zeitraum wiederholt wurde, haben ein gleichbleibendes Niveau oder einen Anstieg der erfragten Belästigung ergeben (LERCHER, 1998). In der jüngsten derartigen Studie, einer Felduntersuchung an 275 Schülern in der Umgebung des Flughafens London Heathrow mit Anschlußstudie nach einem Jahr, gaben die hochbelasteten Kinder zu beiden Befragungsterminen eine höhere Lärmbelastung an als die Kontrollgruppe; die Daten gaben keinen Hinweis auf eine Gewöhnung an die Belastungsquelle (HAINES et al., 1998).

Bleibt eine hohe Belästigung über längere Zeit bestehen, ist diese Beanspruchung als Disstress einzustufen.

**411.** Insgesamt ist festzuhalten, daß die erfragte Lärm-belästigung einen verlässlichen Indikator für die Betroffenheit einer Bevölkerungsgruppe durch Lärmquellen darstellt und die physikalischen Lärmmaße relativ gut abbildet. Ein wesentlicher Anteil der intra- und interindividuellen Streuung läßt sich durch eine Reihe nicht-akustischer Einflußfaktoren erklären. Dies sind vor allem Störungen von Kommunikation, Konzentration, Arbeit und Erholung.

### 3.5.4 Gesundheitliche Beeinträchtigungen durch umweltbedingten Lärm

**412.** Die psychischen Lärmwirkungen sind im allgemeinen von körperlichen Reaktionen, insbesondere von Streßreaktionen begleitet. Bedingt durch Streßreaktionen können langandauernde Lärmbelastungen auch unterhalb der Schwelle für Gehörschäden gesundheitliche Beeinträchtigungen zur Folge haben. Wie in Abschnitt 3.5.2.2 ausgeführt, stehen am Beginn der Streßreaktion hormonelle Reaktionen, u.a. die Ausschüttung von Katecholaminen (Adrenalin und Noradrenalin) und von Cortisol. Diese Hormone haben vielfältige und komplexe Wirkungen und beeinflussen z.B. das Herz-Kreislauf-System, den Stoffwechsel und die Blutfette. So wirkt Adrenalin vor allem auf das Herz, während Noradrenalin vor allem den peripheren Gefäßwiderstand steigert und so den arteriellen Blutdruck erhöht. Cortisol hat in der Leber substanzaufbauende (anabole) Wirkung, in anderen Organen substanzabbauende (katabole) Wirkung. Die Folgen langfristiger Cortisolwerte oberhalb des Normwerts sind u.a. Cholesterinerhöhungen, Arteriosklerose und Beeinträchtigungen des Immunsystems. Der Nachweis einer durch Lärm bedingten Streßreaktion sollte primär durch Bestimmung der Streßhormone erfolgen. Sekundäre Parameter für Streßreaktionen sind Blutdruckerhöhung, erhöhte Blutfette und verändertes Schlafverhalten. Bei der Betrachtung der genannten Parameter ist zu beachten, daß die Streßreaktion selbst eine reizunspezifische Reaktion ist. Da Streßreaktionen durch zahlreiche Reize ausgelöst werden, ist die Beziehung zwischen Reiz (= Lärm) und Reaktion (= Lärmstreßreaktion) häufig nicht eindeutig belegbar.

#### 3.5.4.1 Hormonelle und biochemische Reaktionen

**413.** Die lärmbedingte Änderung von Stoffwechselreaktionen wurde in zahlreichen Arbeiten untersucht. Berichtet werden u.a. Veränderungen der Werte von Glukose, Enzymen und Streßhormonen in Blut und Urin. Nachgewiesen wurde auch eine lärmbedingte Zunahme der Permeabilität der Zellmembran. In einem Feldversuch wurde bei stark lärmexponierten Arbeitern eine Magnesium-Abnahme im Blut registriert. Insgesamt sind die Ergebnisse uneinheitlich und liefern noch kein schlüssiges Bild über die Lärmwirkungen auf biochemischer und endokriner Ebene (JANSEN und NOTBOHM, 1994).

*Streßreaktionen bei nächtlicher Lärmbelastung (Berliner Lärmstudien)*

**414.** In einer Laborstudie (MASCHKE, 1992) und in zwei Feldstudien (MASCHKE et al. 1995a und b) führte

Tabelle 3.5-4

**Experimentelle Studien zur nächtlichen renalen Streßhormonausscheidung**

Studie	Ruhebedingung	Lärmbedingung	Adrenalin	Noradrenalin	Cortisol
Laborstudie MASCHKE, 1992	$L_{eq} < 30$ dB(A)	$L_{max}$ = 55, 65, 75 dB(A); 16, 32, 64 Überflüge	Um 60 % erhöht ( $p < 0,05$ )	Um 17 % erhöht ( $p < 0,05$ )	Nicht bestimmt
Feldstudie MASCHKE et al., 1995a	Nicht kontrolliert	$L_{max}$ = 55, 65 dB(A); 16, 64 Überflüge	Um 17 % erhöht ( $p < 0,01$ )	Nicht unterschiedlich	Um 19 % erhöht ( $p < 0,01$ )
Feldstudie MASCHKE et al., 1995b	Pegeldifferenz 9–18 dB(A); Straßenverkehrslärm,	$L_{eq}$ (außen) = 52,8 – 68,5 dB(A)	Nicht unterschiedlich	Um 6 % erhöht ( $p > 0,05$ )	Um 35 % erhöht Signifikant

$p < 0,05$ : vermutlich signifikant;  $p < 0,01$ : signifikant

Quelle: ISING, 1998; MASCHKE, 1995a und b

nächtlicher Lärm zu erhöhten Adrenalin- bzw. Cortisolwerten im nächtlichen und morgendlichen Sammelurin (Tab. 3.5-4).

In der Felduntersuchung von Anwohnern des Flughafens Tegel in Berlin (MASCHKE et al., 1995a) führte Simulation von Nachtfluglärm in den ersten zwei Versuchsnächten zu einer erhöhten Adrenalinausscheidung. In der dritten und vierten Versuchsnacht war dagegen Cortisol erhöht. Bereits 16 Überflugereignisse mit Maximalpegeln von 55 dB(A) bewirkten eine signifikante Erhöhung der Streßhormonausscheidungen. Bei dieser Untersuchung blieb die Frage der Gewöhnung an Nachtfluglärm offen. Die Unterschiede in den Ergebnissen der Laborstudie und der Feldstudie lassen sich teilweise durch die unterschiedlichen Versuchskollektive erklären: Im Gegensatz zu den jungen Teilnehmern der Laborstudie (18 bis 35 Jahre) waren die Teilnehmer der Feldstudie mit 35 bis 65 Jahren wesentlich älter, so daß hier auch schwächere vegetative Reaktionen zu erwarten sind. In keiner der Studien konnte ein Zusammenhang zwischen der Anzahl der nächtlichen Flüge und der Hormonausscheidung gesichert nachgewiesen werden.

Deshalb wurde im Rahmen der Studie „Verkehr und Gesundheit“ des Berliner Senats die Gewöhnung an Lärm von Personen in lauten und leisen Wohngebieten mittels der Katecholaminausscheidung verglichen. Beim Vergleich von Personengruppen mit Schlafzimmerfenstern an leisen bzw. lauten Straßen konnte eine um 9 % erhöhte Noradrenalinfreisetzung nachgewiesen werden. Personen, die angaben, oft oder immer durch Straßenverkehr geweckt zu werden, hatten eine um 24 % erhöhte Noradrenalinausscheidung im Vergleich zu ungestört schlafenden Personen. Es kann daher nicht von einer vollständigen Gewöhnung an die Streßreaktion ausgegangen werden (FROMME und BEYER, 1996).

In einem weiteren Teil dieser Studie wurde die Streßhormonausscheidung von Probanden bei Schallpegelerhöhung durch Öffnen von Schlafzimmerfenstern an lauten Straßen untersucht (MASCHKE et al., 1995b). Unter der akuten Pegelerhöhung wurde eine mittlere Erhöhung

der Cortisolausscheidung um ein Drittel nachgewiesen. Der nachträgliche Vergleich mit einer ruhig wohnenden Kontrollgruppe zeigte, daß die Noradrenalin- und Cortisolausscheidung der Verkehrslärmbelasteten auch bei geschlossenen Fenstern signifikant erhöht war. Da die Lärmgruppe normalerweise bei geschlossenen Fenstern schlief, liegen hier langfristige Streßhormonerhöhungen bei chronischer Nachtlärmbelastung vor (ISING, 1998; MASCHKE et al., 1997).

#### *Nachtlärmbedingte Cortisolerhöhung und Magnesium-Bilanz*

**415.** Wegen der gesundheitlichen Bedeutung nachtlärmbedingter Cortisolerhöhungen (gemessen als Cortisol im Urin) wurden 16 Versuchspersonen 40 Nächte lang untersucht. Nach drei Versuchsnächten ohne Lärm wurden in den Schlafzimmern über Lautsprecher pro Nacht 32 Fluglärmereignisse mit  $L_{max}$  65 dB(A) simuliert. Zudem wurden die Probanden in je eine Gruppe mit ausgeglichener Magnesium-Bilanz und mit Magnesium-Verlusten eingeteilt. Die Gruppe mit ausgeglichener Magnesium-Bilanz zeigte eine normale Habituation nach einer deutlichen Anfangsreaktion: die Normbereichsüberschreitungen von Cortisol stiegen zunächst auf das Vierfache an und normalisierten sich danach. Bei der Gruppe mit Magnesium-Verlusten war bereits der Ausgangswert erhöht. Bei Nachtlärm stiegen die Normüberschreitungen auf mehr als 30 % an, fielen dann zunächst ab, um in den letzten 10 Lärmnächten erneut anzusteigen. Die Autoren folgern aus diesem Versuch, daß langfristige Nachtlärmexposition bei streßempfindlichen Menschen (hier die Gruppe mit negativer Magnesium-Bilanz) zu chronisch über den Normbereich erhöhten Cortisolwerten führen kann (ISING, 1998).

#### *Streßreaktion und erhebliche Belästigung (Düsseldorfer Fluglärmstudie)*

**416.** Am Flughafen Düsseldorf wurde fünf Monate nach Inbetriebnahme der neuen Startbahn eine Querschnittsstudie an 112 etwa fünfzigjährigen Anwohnern durchgeführt.

Dadurch kann zwischen den chronischen Auswirkungen der langjährigen Belastung (Überfluggebiet Südbahn) und der aktuellen Belastung (Überfluggebiet Nordbahn) unterschieden werden. Die durchschnittliche Anzahl der Überflüge betrug 304 Bewegungen pro Tag, die mittleren Maximalpegel lagen für die vier untersuchten Belastungsgebiete zwischen 64,1 und 68,6 dB(A). Das Kontrollgebiet war nicht durch Überflüge oder anderen Umweltlärm belastet. Testgröße für die Streßreaktion waren die auf Kreatinin bezogenen Cortisol-Tageswerte im Urin; zusätzlich wurde die momentane Belastungsreaktion auf einzelne Fluglärmereignisse registriert. Insgesamt wurden keine signifikanten Cortisolserhöhungen gefunden. Die Mittelwerte lagen bei den Kontrollpersonen bei 19,7 µg/g Kreatinin und bei den Gruppen aus den vier Belastungsgebieten zwischen 21,2 und 25,8 µg/g Kreatinin. Die Belastungsreaktionen bildeten die individuell unterschiedliche Belastung durch Fluglärm gut ab, ein Zusammenhang zwischen Belastung und Cortisolausscheidung wurde nicht gefunden (KASTKA et al., 1998).

#### *Streßreaktionen bei Schulkindern (Münchner Fluglärmstudien)*

**417.** Im Zusammenhang mit dem Umzug des Münchner Flughafens im Mai 1992 wurden vor und nach dem Umzug insgesamt vier Gruppen von Familien mit Kindern im Alter von neun bis zwölf Jahren untersucht, die im alten und dem neuen Fluglärmgebiet leben, sowie zwei entsprechende städtische bzw. ländliche Kontrollgruppen. Die Parameter waren unter anderem Blutdruck, Streßhormone, Stimmung und Befindlichkeit, Konzentrations- und Gedächtnisleistung. Im folgenden sollen die Ergebnisse bezüglich der physiologischen Parameter dargestellt werden, auf die Veränderungen im psychischen Befinden wird in Abschnitt 3.5.4.5 eingegangen. In der ersten Untersuchung (Herbst/Winter 1991/92) waren die Untersuchungsgebiete ein vom Flugverkehr betroffenes Stadtgebiet, in dem ein  $L_{eq}$  (24 h) von 68 dB(A) und ein  $L_{max}$  von 80 dB(A) gemessen wurde, und ein vom Flugverkehr nicht betroffenes Stadtgebiet mit einem  $L_{eq}$  (24 h) von 59 dB(A) und einem  $L_{max}$  von 69 dB(A). Bei 135 normalhörenden zehnjährigen Kindern wurden in einer Nacht (20–8 Uhr) die Streßhormone im Urin bestimmt. Kinder, die seit mindestens zwei Jahren in der Nähe des Flughafens wohnten, wiesen eine im Mittel um 43 % ( $p < 0,01$ ) erhöhte Adrenalinausscheidung und eine um 45 % ( $p < 0,001$ ) erhöhte Noradrenalinausscheidung auf. In der Cortisolausscheidung war kein signifikanter Unterschied festzustellen (EVANS et al., 1995).

In der zweiten Studie im Gebiet des neuen Flughafens wurden insgesamt 217 Kinder untersucht, die einer Ausgangslärmbelastung  $L_{eq}$  (24 h) von 53 dB(A) ausgesetzt waren. Nach Inbetriebnahme des Flughafens stieg der Lärmpegel in den Kontrollgebieten auf  $L_{eq}$  55 dB(A), im Bereich der Flugschneisen (= Belastungsgebiet) auf  $L_{eq}$  62 dB(A) mit Spitzenwerten von 73 dB(A). Sechs Monate und 18 Monate nach Beginn des Flugbetriebes wiesen die belasteten Kinder signifikante ( $p < 0,001$ ) Erhöhungen der nächtlichen Adrenalin- und Noradrenalinausscheidungen auf sowie nicht signifikante Anstiege der Cortisolwerte (Tabelle 3.5-5). In Übereinstimmung mit

Tabelle 3.5-5

#### **Renale Ausscheidung von Streßhormonen unter Fluglärmbelastung**

Parameter und Kollektiv	Vor Beginn des Flugbetriebs	6 Monate Flugbetrieb	18 Monate Flugbetrieb
<b>Adrenalin, ng/h</b>			
Belastungsgruppe	229,2 (153,4)	328,1 (130,4)	341,9 (168,1)
Kontrollgruppe	251,8 (57)	280,9 (64,6)	246,2 (83,7)
<b>Noradrenalin, ng/h</b>			
Belastungsgruppe	610,7 (338,6)	1 228,5 (659,7)	1 556,3 (703,6)
Kontrollgruppe	660,0 (509,9)	879,7 (457,7)	950,7 (525,5)

Angegeben sind Mittelwerte mit Standardabweichung in Klammern.

Quelle: EVANS et al., 1998

der Erhöhung der Katecholamine war bei den lärmbelasteten Kindern auch eine geringgradige, aber signifikante Erhöhung des Blutdrucks festzustellen. Die Kontrollgruppe zeigte deutlich geringere, statistisch nicht abgesicherte Anstiege der Streßhormone (EVANS et al., 1998).

#### *Die Ausscheidung von Streßhormonen als Parameter extraauraler Lärmwirkung*

**418.** Die vorgestellten Studien sind insgesamt uneinheitlich, belegen aber dennoch, daß Fluglärm zu erhöhten Ausscheidungen von Streßhormonen führen kann. Unklar ist, welche Parameter (Katecholamine oder Cortisol) in Abhängigkeit von Expositionsart (kurzzeitig oder chronisch) und Untersuchungsgruppe (Erwachsene, Kinder) zur Beschreibung der Streßreaktionen geeignet sind. Vor allem die erste Phase der Streßreaktion, die Alarm- oder Defensivreaktion, ist durch die Zunahme der Konzentration von Adrenalin und Noradrenalin im Blut und Urin (neben dem adrenocorticotropen Hormon ACTH und den Corticosteroiden) gekennzeichnet. Quantitative Bestimmungen von Katecholaminen oder deren Stoffwechselprodukten wie Metanephrin oder Vanillinmandelsäure werden daher in der Sportmedizin und in der Streßforschung genutzt. In arbeitsmedizinischen Studien wurde die Messung des Katecholamingehaltes im Blutplasma und im Urin zur Quantifizierung von Belastungen vorgenommen, wie sie z.B. bei Schichtarbeit oder unter Akkordtätigkeit auftreten (SIEGMANN et al., 1999). In den prospektiven epidemiologischen Studien von EVANS et al. (1998 und 1995) führte Fluglärm zu deutlichen Erhöhungen der Katecholamine, während die Veränderungen im Cortisolspiegel nicht signifikant waren. Nach EVANS et al. und nach anderen Autoren (zit. in EVANS et al., 1998) kann eine erhöhte Katecholaminausscheidung als verlässlicher Parameter für chronische Exposition gegenüber Stressoren angesehen werden, wohingegen die Cortisolkonzentrationen im Urin sich bisher als weniger aussagekräftig erwiesen haben.

Positive Befunde zur Erhöhung der Cortisolausscheidung liegen aus experimentellen Untersuchungen vor (MASCHKE et al., 1997; ISING et al., 1995). Aus der Sicht der Autoren dieser Untersuchungen lassen die Ergebnisse einen Anstieg der individuellen Streßhormonausscheidung unter nächtlichem Lärm erkennen. Im Zusammenhang mit den Ergebnissen der schlafmedizinischen Untersuchungen (siehe Abschn. 3.5.4.4) wird Nachtfluglärm als Disstreß bewertet, der das interne Milieu nachweislich verändert. Allerdings wurden die Normwerte der Adrenalin- und Noradrenalinausscheidungen nicht überschritten; auch die Cortisolausscheidung lag offensichtlich im Rahmen der physiologischen Bandbreite. Die Konzentration von Cortisol kann beim gegenwärtigen Stand der wissenschaftlichen Forschung noch nicht als entscheidendes Kriterium für die Festlegung einer Gesundheitsgefährdung durch Lärm herangezogen werden. Die geschilderten individuellen Schwankungen der Cortisolwerte belegen die Flexibilität der Cortisolproduktion in Abhängigkeit von psychischen, körperlichen und altersabhängigen Aktivitäten und Belastungen. Zusätzlich muß überprüft werden, welche Bedeutung anderen Störparametern, z.B. Rauchen, Medikamenteneinnahme usw. bei der Veränderung der Cortisolausschüttung zukommt (JANSEN et al., 1999). Auch die in den Münchner Fluglärmstudien festgestellte Erhöhung der Katecholamine ist aus der Sicht der Autoren medizinisch nur wenig bedeutsam (BULLINGER, 1998 und 1999). Die politisch entscheidende Frage, welche Auswirkungen die festgestellten Erhöhungen der Streßhormonausscheidung auf die Gesundheit haben, läßt sich aus den bisherigen Untersuchungen nicht beantworten.

#### 3.5.4.2 Lärm als Risikofaktor für die Entstehung einer Hypertonie

**419.** Unter Hypertonie versteht man die dauerhafte Erhöhung des arteriellen Blutdrucks auf Werte von systolisch über 140 mm Hg und diastolisch über 90 mm Hg (nach WHO-Definition; Personen bis 60 Jahre). Der diastolische Blutdruck wird dabei als der empfindlichere Indikator für eine Hypertonie angesehen. Die Ursachen der Hypertonie sind nach wie vor nur zum Teil aufgeklärt. Auf jeden Fall handelt es sich um ein komplexes multifaktorielles Geschehen. Die genetische Belastung ist ein wichtiger Faktor, aber selbst da sind wohl verschiedene genetische Defekte mit jeweils eigener phänotypischer Ausprägung anzunehmen. Als weitere bedeutsame Risikofaktoren wurden Alter, Rasse, Geschlecht, Adipositas, Sozialstatus, Alkoholkonsum und körperliche Bewegung ermittelt. Der Verlauf der essentiellen Hypertonie hängt darüber hinaus mit Rauchen und Serumcholesterin zusammen.

#### *Berufliche Lärmbelastung und Hypertonie*

**420.** In einer Reihe von epidemiologischen Studien wurde der Zusammenhang zwischen beruflicher Lärmbelastung und Bluthochdruck untersucht (s. Tab. 3.5-6 und 3.5-7). Diese Studien gelten als aussagekräftiger als vergleichbare Untersuchungen des Zusammenhangs zwischen Bluthochdruck und Lärmbelastung der Allge-

meinbevölkerung, weil Lärm am Arbeitsplatz meist mit deutlich höheren Pegeln als Umweltlärm verbunden ist. Einschränkung muß hier angemerkt werden, daß die Exposition am Arbeitsplatz zeitlich begrenzt ist und die Betroffenen (ein ruhiges Wohnumfeld vorausgesetzt) sich jeweils vom Lärmstreß erholen können.

**421.** Die Studien führen zu ganz unterschiedlichen Ergebnissen. In vier Studien läßt sich kein Lärmeffekt nachweisen, in den übrigen Studien zeigen sich Lärmefekte meist für mindestens eine Untergruppe, wenn auch unterschiedlicher Art. Die Zahl der kontrollierten Variablen sowie die angewendete statistische Methode zur Kontrolle der Verzerrungsfaktoren sind ebenfalls verschieden.

Die stärkste Evidenz zeigt sich bei hohen Belastungen. Vor allem bei sehr hohen Schallpegeln (um 100 dB(A); ZHAO et al., 1991; IDZIOR-WALUS, 1987), nach sehr langen Expositionszeiten (10 Jahre und länger; LANG et al., 1992; IDZIOR-WALUS, 1987; VERBEEK et al., 1987) und bei nicht vorhandenem bzw. mangelhaftem Gebrauch von Gehörschutz zeigen die Parameter einer Hypertonie konsistente Werte.

Nimmt man die Gruppenmittelwerte von systolischem und diastolischem Blutdruck als Effektivvariable, so zeigen sich nicht unerhebliche lärmassoziierte Blutdruckanhebungen (Tabelle 3.5-7). Allerdings verringert sich mit der Zahl der kontrollierten Verzerrungsfaktoren die Höhe des Effektes in starkem Maße. Die höchsten lärmassoziierten Steigerungen konnten VERBEEK et al. (1987) nach Expositionszeiten von rund 20 Jahren aufzeigen, wobei in dieser Studie lediglich hinsichtlich des Alters kontrolliert wurde. Wenn Körpergewicht, familiäre Belastung, Alkoholkonsum oder auch andere Arbeitsbelastungen mitberücksichtigt wurden, waren die Beziehungen zum Blutdruck erheblich geringer bzw. nicht mehr nachweisbar.

#### **Verkehrslärm und Hypertonie**

**422.** Der Nachweis, Umweltlärm begünstige das Hypertonie-Risiko, konnte bisher nicht schlüssig geführt werden. Zu dieser Einschätzung kommt auch BABISCH (1998), der in seiner neuen Analyse zu Verkehrslärmwirkungen feststellt, daß die epidemiologische Evidenz für verkehrslärmbedingte Blutdruckerhöhungen sehr gering ist. Erst bei sehr hohen Schallbelastungen, wie sie in der Umwelt nicht auftreten und wie sie heutzutage auch an Arbeitsplätzen fast nicht mehr vorkommen, scheint der Organismus mit einer dauerhaften Blutdruckerhebung zu reagieren.

**423.** Die Ergebnisse einiger epidemiologischer Untersuchungen sollen im folgenden kurz besprochen werden.

– *Verkehrslärmstudien in Bonn:* In der ursprünglichen Studie befanden sich in lauten Wohngegenden mehr Personen (28 %) wegen hohen Blutdrucks in Behandlung als in den leiseren (14,6 %). Alter und Geschlecht waren kontrolliert, Unterschiede bestanden jedoch hinsichtlich sozialem Hintergrund und Rauchgewohnheiten. In einer Folge-Studie wurden 36 blutdrucknormale Personen der ursprünglichen Bonner Studie (davon 14 Personen aus einem lärm-

Tabelle 3.5-6

**Berufliche Lärmbelastung und Hypertonie**

Studie	Lärmbelastung L <sub>eq</sub> (dBA)	Expo-Dauer (Jahre)	Hypertonie (PVR/OR)	kontrollierte Variablen und Besonderheiten
BRINI et al., 1983	> 80 > 90 Impuls	–	0,9 1,9	Alter
BELLI et al., 1984	86–108	–	1,3	Alter, Rauchen, Triglyceride, Glucose
VERBEEK et al., 1987	> 80	<10 vs >19	3,1	Alter
WU et al., 1987	< 80 vs >85	7,3	2,4	Alter, BMI, Expositionszeit
IDZIOR-WALUS, 1987	105 – 116	15,1	3,7	Alter, keine Gruppenunterschiede für Sozialstatus, erbl. Belastung, Rauchen, Hypercholesterinämie, (BMI, Triglyceride in Expo-Gruppe geringer)
VERMEL et al., 1988	85 – 105	mindestens 4,2–4,9	3,0	keine; zahlreiche Risikofaktoren vorhanden (ca. 4,5 J. Follow-up)
TALIJANCIC und MUSTAC, 1989	90 – 102	–	höher	vergleichbare anthropometrische Faktoren
KONTOSIC et al., 1990	64–72 vs 103	–	kein Lärmeffekt	kein Gruppenunterschied für Alter, Körperfett, Cholesterin, Triglyzeride, Alkohol, Rauchen, Berufsjahre, seel. Spannung; unterschiedl. BMI
TOMEI et al., 1991	92	20,5	2,7	keine; keine Gruppenunterschiede für Rauchen, Cholesterin, BMI, erbliche Belastung, Blutzucker
ZHAO et al., 1991 und 1993	75–104	16,2 ± 9,6	1,2 pro 5dB 1,8 bei 95dB	Alter, erbliche Belastung, Salzkonsum, Arbeitsjahre
LANG et al., 1992	85–100	25 +	2,6 (p = 0,06) (Expo > 25J)	Alter, BMI, Alkohol [Gruppendiff. für Fließbandarbeit, Sozialstatus, Schicht, Zeitdruck]
HIRAI et al., 1991	85–115	10 +	kein Lärmeffekt	Keine
GARCIA und GARCIA, 1992	hoch	–	kein Lärmeffekt	keine; keine Stress-Symptome, geringer Alkoholkonsum, vergleichbar hinsichtlich Fettsucht
FOGARI et al., 1994	<80 vs >80	–	1,7 (1,9)	Alter, BMI (in Klammern: gematchte Unterstichprobe)
HESEL und SLU- IS-CREMER, 1994	Individ. Meßwerte	–	kein Lärmeffekt	Alter, BMI (Querschnitt + Follow-up)
ZHAO et al., 1998	< 75–97 dBA	9,5 ± 6,7	1,2 pro 5 dB	Alter, Geschlecht, Kohlenmonoxid

PVR: Prävalenzrate; OR: Odds Ratio; BMI: body mass index; vs.: versus

Quelle: JANSEN et al., 1999

Tabelle 3.5-7

**Berufliche Lärmbelastung und mittlere Differenz von systolischem oder diastolischem Blutdruck**

Studie	Lärmbelastung L <sub>eq</sub> dB(A)	syst. Blutdruck (mm Hg) mittl. Differenz*)	diast. Blutdruck (mm Hg) mittl. Differenz*)	Kontrollierte Variablen und Besonderheiten
SINGH et al., 1982	88–107 (10–15 J.)	5,1	6,6	Keine
ARO, 1984	64,8–76,4 (mindestens 2 J.)	kein Lärmefekt	kein Lärmefekt	BMI, Alkohol, Rauchen, körperl. Aktivität, psych. Druck, (5 J. Follow-up)
FOURIAUD et al., 1984	> 85	2,3	1,1	Alter, BMI, Alkohol
TALBOTT et al., 1985	< 81 vs > 89	–3,0 (55–59 J) 3,4 (60–63 J)	–0,6 (55–59 J) –2,2 (60–63 J)	Alter, BMI, Alkohol, erbliche Belastung
v. DIJK et al., 1987a	85,5 vs 98	–0,3	0,8	Alter, BMI, Expositions-Zeit (Alkohol, Rauchen, Medikamente, andere Arbeits- belastungen)
v. DIJK et al., 1987b	< 86 vs > 95	kein Lärmefekt	kein Lärmefekt	Alter, BMI, andere Arbeitsbelastungen
VERBEEK et al., 1987	> 80 10 vs 20 J.	16,0	7,0	Alter
LERCHER et al., 1993	Subj. Lärm- belästigung	2,1 (–3,0/ 7,3) 7,5 ( 0,0/15,0) 5,0 (–2,4/12,4)	3,5 (0,3/ 7,4) 6,3 (0,6/12,4) 8,1 (2,5/13,7)	Nur Lärm Lärm + Arbeitsunzufriedenheit Lärm + Nachtschicht
FOGARI et al., 1994	< 80 vs > 80	1,5 (2,7)	0,2 (1,9)	Alter, BMI (in Klammern: Unterstichprobe)
HESEL und SLUIS-CREMER, 1994	Individuelle Meßwerte	kein Lärmefekt	kein Lärmefekt	Alter, BMI (Querschnitt + Follow-up)
KRISTAL-BONEH et al., 1995	<80 vs >80	kein Lärmefekt	kein Lärmefekt	Alter, Geschlecht, körperl. Belastung, BMI, Rauchen, Alkohol, Kaffee, Umge- bungstemperatur

\*) Blutdruckwerte ohne Vorzeichen = Erhöhung, mit Minuszeichen = Erniedrigung; BMI: body mass index

Quelle: JANSEN et al., 1999, verändert

belasteten und 22 aus einem Kontrollgebiet) über zwei Jahre hinweg weiter beobachtet. Die lärmbelasteten Personen zeigten gegenüber den Kontrollpersonen einen um 10,7 mm Hg größeren Anstieg des diastolischen Blutdrucks. In einer größeren prospektiven Folge-Studie wurden bei gesunden Personen Herz- und Kreislaufparameter, Gesundheitsverhalten, Lärmempfindlichkeit und andere Parameter erhoben. Die mittlere Lärmbelastung lag im Lärmgebiet oberhalb 63 dB(A), im Kontrollgebiet unterhalb 55 dB(A). Die mittleren Blutdruckwerte unterschieden sich nach drei Jahren in der lärmbelasteten Gruppe nicht von denen der Kontrollgruppe. Die Studie verdeutlicht die Schwierigkeiten bei der Durchführung von Longitudinalstudien zum Straßenverkehrslärm, denn nach 4 Jahren waren 75 % der ursprünglich 192 Probanden weggezogen. Der Wohnungswechsel korrelierte je-

weils mit der Lärmempfindlichkeit (OTTEN et al., 1988; NEUS et al., 1983).

- *Niederländische Studie:* An 830 gesunden 20- bis 55-jährigen Personen konnte – nach Kontrolle vielfältiger störender Variablen – kein signifikanter Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm und Blutdruckverhalten gefunden werden. Nach weiterer Auswertung der Daten stellten die Autoren die Hypothese auf, daß Lärm als unerwünscht, bedrohend oder belästigend empfunden werden müsse, um nachteilige Folgen für die Gesundheit zu haben. Die Daten machen deutlich, daß Bewertungen dieser Art sehr komplex sind und wahrscheinlich mit individuellen Bewältigungsstrategien und einem Gefühl des Kontrollverlustes in Zusammenhang stehen (PULLES et al., 1990).



Als Ergebnis läßt sich festhalten, daß der allgemeine Effekt einer chronischen Lärmbelastung auf den Blutdruck bei Schallpegeln, die unterhalb der Gehörschädigungsgrenze liegen, offenbar von geringerer Bedeutung ist als ursprünglich vermutet. Gerade beim Stressor Lärm führt nach EIFF (1993) die Habituation üblicherweise zu schwächer werdenden Kreislaufreaktionen. Dies trifft aber nicht auf Personen zu, die erblich belastet sind oder die emotional die Lärmbelastung nicht tolerieren können und so verstärkte Kreislaufreaktionen haben. Nicht geklärt ist bisher, wie es sich mit den Menschen verhält, die aufgrund ihrer Veranlagung in höherem Maße gefährdet sind, eine gesundheitliche Schädigung durch Lärm zu erleiden.

#### 3.5.4.3 Lärm als Risikofaktor für die Entstehung von ischämischen Herzkrankheiten

**424.** Die dominierende Vorbedingung für die Entstehung einer koronaren Herzkrankheit ist das Vorliegen einer Koronararteriosklerose. Diese ist ihrerseits meist nur eine der möglichen Lokalisationen der allgemeinen Arteriosklerose, die sich auch bzw. gleichzeitig an Gefäßen anderer Organe oder Körperteile manifestieren kann (z.B. Bauchaorta, Beinarterien, Hirnarterien). Eine koronare Herzkrankung kann sich als Angina pectoris, als Myocardinfarkt oder als ischämiebedingte (d.h. durch Sauerstoffmangel verursachte) EKG-Veränderung äußern. Die wichtigsten Risikofaktoren für die Arteriosklerose und damit auch für die Entwicklung einer koronaren Herzkrankheit sind Rauchen, arterieller Bluthochdruck, Hyperlipidämie, Diabetes mellitus, Sozialstatus, Bewegungsmangel, Alkoholabusus. Nach einer Übersicht von OMURA et al. (1996) sind mittlerweile rund 170 Risikofaktoren identifiziert worden, denen eine mitverursachende Rolle bei der Genese von kardiovaskulären Erkrankungen zugeschrieben wird. Neuerdings wird auch eine infektiöse (Mit-)Verursachung durch bestimmte Bakterien (Chlamydien) vermutet.

**425.** Die Hypertonie ist ein wichtiger Indikator für ischämische Herzerkrankungen. In neueren Publikationen (z.B. MELAMED et al., 1997; BABISCH et al., 1993a) wird der Stellenwert der lärmbedingten Blutdruckerhöhung als Mitverursacher einer koronaren Herzkrankheit jedoch relativiert. Statt dessen wird postuliert, daß die Lärmwirkung auf das Myocard über sekundäre Beeinflussungen von Fettstoffwechsel, Fibrinogenspiegel, Plasmaviskosität und Glukosehaushalt zustandekommt.

#### *Berufliche Lärmbelastung und ischämische Herzerkrankung*

**426.** Die Zahl der zu ischämischen Herzkrankheiten vorgelegten Studien ist im Vergleich zu den Studien über Blutdruckwirkungen relativ gering. In Tabelle 3.5-8 sind vier Studien aufgeführt, die sich mit dem Zusammenhang zwischen beruflicher Lärmbelastung und ischämischer Herzkrankheit beschäftigen. In der Studie von THÉRIAULT et al. (1988) wurden Überlebende und Tote mit Herzinfarkt bzw. Angina pectoris erfaßt. Die Lärmbelastung wurde anhand eines betriebseigenen

Katasters relativ genau ermittelt. Gleichzeitig wurde die Dauer der Exposition berücksichtigt. In der Publikation von ENDERLEIN et al. (1996) werden zwei verschiedene Studien vorgestellt. Die zuerst aufgeführte stellt eine Fall-Kontrollstudie mit Herzinfarktfällen dar. Die Lärmbelastung am Arbeitsplatz wurde durch Arbeitshygieniker bewertet bzw. es wurden Meßwerte verwendet. Für die zweite Studie von ENDERLEIN et al. (1996) wurde für die Kontrollpersonen der Datenbestand arbeitsmedizinischer Vorsorgeuntersuchungen verwendet, so daß auch hier für die Belastungsseite zuverlässige Werte herangezogen werden konnten. In der Studie von ISING et al. (1995) wurde die Lärmbelastung subjektiv anhand von verbalen Geräuschvergleichen, die nachträglich einer Pegelkategorie zugeordnet wurden, eingeschätzt. Die Risikomaße der kontrollierten Störvariablen wie Rauchen, Bluthochdruck, Cholesterin usw. liegen in der Studie von THÉRIAULT et al. (1988) in den bekannten Größenordnungen.

**427.** Die Ergebnisse der Studien stehen zueinander in Widerspruch: In den Studien von THÉRIAULT et al. (1988) und von ENDERLEIN et al. (1996) wurde kein Zusammenhang zwischen Lärm am Arbeitsplatz und ischämischer Herzkrankheit festgestellt, bei ISING et al. (1995) fand sich dagegen ein positiver Zusammenhang, der sich als Dosis-Wirkungs-Beziehung ausdrücken läßt. Die berechneten Risikomaße sind unerwartet hoch und signifikant; schon bei Pegeln um 76 dB(A) beträgt das Odds Ratio 1,4 (prozentuales attributives Risiko 29 %), bei rund 100 dB(A) ist das Odds Ratio 3,8 (prozentuales attributives Risiko 74 %). Da die Lärmbelastung in der Studie von ISING et al. (1995) subjektiv aus der Erinnerung eingeschätzt wurde, ist eine Überbewertung der Lärmbelastung in der Patientengruppe allerdings nicht auszuschließen.

**428.** Da das Ergebnis von ISING et al. (1995) erhebliche Konsequenzen für die Arbeitswelt impliziert, wurde ein neues Forschungsprojekt initiiert. Zur Zeit wird eine neue Fall-Kontroll-Studie mit vergleichbarer Zielsetzung (Arbeitslärm und Herzinfarkt) in Berlin durchgeführt, bei der jedoch eine präzisere Absicherung der Expositionsdaten vorgenommen wird (TRAUTNER et al., 1998). Für eine abschließende Beurteilung der Bedeutung einer beruflichen Lärmbelastung als Risiko einer ischämischen Herzkrankheit ist der derzeitige Kenntnisstand noch zu gering.

#### *Verkehrslärm und ischämische Herzerkrankungen*

**429.** Die Zahl der epidemiologischen Studien, die sich mit koronarer Herzkrankheit und Straßenverkehrslärm beschäftigen, ist begrenzt. Wegen des aktuellen Interesses werden vor allem die hierzu in jüngster Zeit fertiggestellten Studien vorgestellt (Tab. 3.5-9).

#### *Die Caerphilly-Speedwell-Studien*

**430.** In Großbritannien wurde an zwei repräsentativen Kohorten von 2 512 (Caerphilly) und 2 348 Männern (Speedwell) im Alter von 45 bis 59 Jahren der Zusammenhang zwischen dem Lärmpegel vor der Wohnung und der Prävalenz und Inzidenz ischämischer Herz-

Tabelle 3.5-8

**Berufliche Lärmbelastung und ischämische Herzkrankheiten**

Studie	Lärmbelastung	ischämische Herzkrankheit OR[CI <sub>95%</sub> ]	Einflußvariablen	Design
THÉRIAULT et al., 1988	4 Kategorien betriebseigenes Lärmkataster  Expo-Zeit + Schallpegel	0,93 [0,56/1,54]	Alter, Rauchen (OR 3,2), Hochdruck (OR 2,3), Cholesterin (OR 1,5), Übergewicht (OR 1,4), Hyperglykämie (OR 1,6), berufl. Status (OR 2,1), Reduktionsbereich (OR 1,7; bei Expo-Zeit 1–4 J OR 2,2), CO, SO <sub>2</sub> , Lösemittel, Hitze, Staub, Fluoride, mentale/ körperl. Belastung)	Aluminiumproduktion 306 Fälle (Überlebende und Tote nach Herz- infarkt, Angina pectoris) 575 Kontrollen
ISING et al., 1995	4 Kategorien Selbstein- schätzung	ca. 76 dB(A): 1,4 [1,0/2,0] ca. 88 dB(A): 2,0 [1,5/2,7] ca. 100 dB(A): 3,8 [2,7/5,4]	Alter, Rauchen, Sozial- status, Gewicht, Schicht- arbeit, Familienstand, Wohngegend	Krankenhausstudie 395 Fälle (Überlebende nach Herzinfarkt) 2 148 Kontrollen
ENDERLEIN et al., 1996	> 85 vs. < 85 dB(A) (Meßwerte)	0,7	Alter, Rauchen	252 Herzinfarktfälle 252 Kontrollen
ENDERLEIN et al., 1996	4 Schallpegel- klassen  Expositions- Dauer (<5/5-9/≥10 J)	Lärm allein: 1,0 [0,7/1,5] Lärm+Nachtschicht: 1,4 [0,8/2,1] früherer Lärm: 0,9 [0,7/1,2]	Alter, Sozialstatus, BMI, Rauchen	4 140 Fälle mit ischäm. Herzkrankheit 890 359 Kontrollen

OR: Odds Ratio; CI: Konfidenzintervall; BMI: body mass index; vs.: versus

Quelle: JANSEN et al., 1999

erkrankungen untersucht. Das Design beider Kohortenstudien enthält sowohl Querschnitts- als auch Langzeitkomponenten (10-Jahres-Follow-up). Bei den beiden Studien handelt es sich um umfangreiche prospektive Untersuchungen, in denen eine Serie von Hypothesen getestet wurde. Diese betreffen vor allem die Relation zwischen der Inzidenz von ischämischen Herzerkrankungen und möglichen Risikofaktoren. Die Belastung durch Straßenverkehrslärm ist nur einer der untersuchten Faktoren. Die zu Beginn durchgeführte Querschnittsuntersuchung erbrachte diesbezüglich widersprüchliche und eher marginale Resultate. In den ersten Nachuntersuchungen deutete sich eine leichte Erhöhung verschiedener messbarer Risikofaktoren (Blutfette und Plasma-Viskosität) für die höchste Lärmkategorie an. Bei einer Straßenverkehrslärmbelastung mit mittleren Pegeln (außen, 6 bis 22 Uhr) von 66 bis 70 dB(A) gegenüber 51 bis 55 dB(A) wurde eine statistisch nicht abgesicherte Risi-

koerhöhung für Herzinfarkt um 10 % gefunden. Bei schrittweiser Berücksichtigung der Raumorientierung (Fenster zu lauten Straßen) und des Fensteröffnungsverhaltens stieg die Risikoerhöhung auf 20 % und 30 %, ohne statistisch signifikant zu sein (BABISCH et al., 1998; BABISCH et al., 1993a und b).

*Die Berliner Verkehrslärmstudie*

**431.** Diese Studie war eine bevölkerungsbezogene Fall-Kontroll-Studie. In die Untersuchung einbezogen wurden 645 männliche Infarktpatienten, die seit mindestens 15 Jahren in Berlin lebten. Das Kontrollkollektiv war eine 1 %-Zufallsstichprobe von West-Berliner Männern. Einschlusskriterium war die Ermittlung der Verkehrslärmexposition der letzten 15 Jahre. Mögliche Störvariablen wurden erfaßt. In Berlin begann der verkehrsbedingte Anstieg der Herzinfarktinzidenz bei mitt-

Tabelle 3.5-9

**Lärmbelastung durch Straßenverkehr und ischämische Herzkrankheit**

Studie	Straßenverkehrslärm $L_{eq}$ dB(A)	Effektparameter Vergleich zwischen höchster und niedrigster Schallpegelklasse	Risikomaße PVR/OR/RR [CI <sub>95%</sub> ]
<b>Caerphilly</b> Phase I  5 J Foll.-Up  10 J Foll.-Up BABISCH et al., 1993 a und b, 1998	4 Schallpegelklassen  $L_{eq, 6-22h}$ 51–55 bis 66–70	Angina pectoris  Myocardinfarkt  Ischämiezeichen (EKG) ischämische Herzkrankheit, inzidente Fälle ischämische Herzkrankheit, inzidente Fälle	PVR 0.5 [0.2–1.4] n. s. PVR 1.2 [0.6–2.3] n. s. PVR 1.2 [0.4–3.5] n. s. RR 0.5 [0.2–1.7] n. s. RR 1.1 [0.6–1.9] n. s.
<b>Speedwell</b> Phase I  3 J Foll.-Up  10 J Foll.-Up BABISCH et al., 1993 a und b, 1998	4 Schallpegelklassen  $L_{eq, 6-22h}$ 51–55 bis 66–70	Angina Pectoris  Myocardinfarkt  Ischämiezeichen (EKG) ischämische Herzkrankheiten, inzidente Fälle ischämische Herzkrankheiten, inzidente Fälle	PVR 1.1 [0.7–1.9] n. s. PVR 1.1 [0.6–1.9] n. s. PVR 1.4 [0.7–2.9] n. s. RR 0.7 [0.3–1.8] n. s. RR 0.9 [0.6–1.4] n.s.
<b>Caerphilly/-Speedwell-Pool</b> 6 J Foll.-Up BABISCH et al., 1998	4 Schallpegelklassen  $L_{eq, 6-22h}$ 51–55 bis 66–70	ischämische Herzkrankheiten, inzidente Fälle	RR 1.1 [0.7–1.7] n. s.
<b>Berlin</b>  BABISCH et al., 1994	5 Schallpegelklassen  $L_{eqday}$ ≤ 60–80	Myocardinfarkt (klinisch gesicherte Diagnose) Myocardinfarkt (anamnetische Angabe)	OR 1.2 [0.8–1.7] n. s. PVR 1.2 [0.7–2.1] n. s.

PVR: Prävalenzratio; OR: Odds Ratio; RR: relatives Risiko; CI: Konfidenzintervall; n.s.: nicht signifikant

Quelle: JANSEN et al., 1999, verändert

leren Außenpegeln am Tage von 71 bis 75 dB(A) mit 10 % und erreichte 50 % bei 76 bis 80 dB(A). Diese Ergebnisse waren statistisch nicht signifikant. Bei Betrachtung lediglich der Personen ohne Wohnungswechsel innerhalb der vorangegangenen Jahre ergaben sich Anstiege der Herzinfarktzinidenzen von 20 % bei Lärmpegeln (außen) im Bereich zwischen 71 bis 75 dB(A) und von 70 % im Bereich zwischen 76 bis 80 dB(A). Bei Kombination dieser Lärmkategorien ergab sich für Mittelungspegel über 70 dB(A) ein Anstieg der Inzidenz von 30 %. Dieses Ergebnis war statistisch an der Grenze zur Signifikanz. Auf der Grundlage dieser Daten wurde ab-

geschätzt, daß bei Zutreffen der Verkehrslärmhypothese etwa 1 bis 3 % aller Herzinfarkte (entsprechend 1 000 bis 3 000 Todesfällen jährlich) dem Verkehrslärm zuzuschreiben sind (BABISCH et al., 1994).

**432.** Von BOIKAT et al. (1998) wurde ausgehend von den Daten der Berliner Studie eine quantitative Risikobetrachtung lärmbedingter Infarktrisiken im Vergleich zu anderen umweltbedingten Gesundheitsrisiken vorgenommen. Danach käme den lärmbedingten Infarktrisiken eine ähnliche Bedeutung zu wie Radonbelastungen in Innenräumen und Passivrauchen (Tab. 3.5-10).

Tabelle 3.5-10

**Lärmbedingte Infarktrisiken im Vergleich zu anderen umweltbedingten Gesundheitsrisiken**

	Wirkung	Lebenszeitrisiko	Häufigkeit bezogen auf Gesamtbevölkerung in %
Lärm > 65 dB(A) am Tag.....	Herzinfarkt	20 : 1000	15,8
Lärm > 75 dB(A) am Tag.....	Herzinfarkt	70 : 1000	1,5
Radon/Innenraum > 50 Bq/m <sup>3</sup> .....	Lungenkrebs	5 : 1000	40
Radon/Innenraum > 250 Bq/m <sup>3</sup> .....	Lungenkrebs	25 : 1000	1,8
Passivrauchen (Lebenspartner) .....	Lungenkrebs	1,8 : 1000	22,4
Passivrauchen (Lebenspartner) .....	Herzinfarkt	14 : 1000	22,4
Dieselsruß/Außenluft > 20 µg/m <sup>3</sup> .....	Lungenkrebs	1,4 : 1000	Nahbereich Kfz-Verkehr

Quelle: BOIKAT et al., 1998

*Lärm und Häufigkeit von gesundheitlichen Beschwerden*

**433.** In einer Kohortenstudie wurden etwa 1 000 Probanden im Abstand von elf Jahren (1974 und 1985) zu Lebensstil, Streßfaktoren, Belastungen am Arbeitsplatz und in der Familie sowie zu gesundheitlichen Beschwerden und Krankheiten befragt. Die Studie berücksichtigte Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems, des Halte- und Bewegungsapparats, des Atmungs-, Verdauungs-, Urogenital- und endokrinen Systems und allergische Beschwerden. Aus dem Spektrum von über 100 verschiedenen Krankheiten und Beschwerden erschien der Wohn- und Arbeitslärm gerade dort als risikoerhöhender Faktor, wo er nach Ergebnissen der Streßforschung zu erwarten war, nämlich bei Erkrankungen des Magen-Darm-Trakts und des Herz-Kreislauf-Systems (MÜLLER et al., 1994).

Zusätzlich wurde die Wechselwirkung von Wohn- und Arbeitslärm in den folgenden vier Ausprägungen untersucht:

- Lärm 0 = kein Arbeitslärm, kein Wohnlärm
- Lärm 1 = belastender Arbeitslärm, kein Wohnlärm
- Lärm 2 = kein Arbeitslärm, Wohnlärm
- Lärm 3 = belastender Arbeitslärm, Wohnlärm

Die Ergebnisse in Tabelle 3.5-11 zeigen durchgängig erhöhte, aber statistisch nicht abgesicherte Erkrankungsrisiken bei gleichzeitigem Vorhandensein von Wohn- und Arbeitslärm (= Lärm 3).

**434.** Die epidemiologische Evidenz dafür, daß Straßenverkehrslärm das Risiko von ischämischen Herzkrankheiten erhöht, ist sehr schwach. Den dargestellten Studien mangelt es wegen zu geringer Fallzahlen in den Gruppen mit hoher Lärmexposition an ausreichender Teststärke; die Ergebnisse sind statistisch nicht signifikant (JANSEN et al., 1999). Zum gegenwärtigen Zeitpunkt kann daher nicht abschließend dazu Stellung genommen werden, ob Umweltlärm bei der Entstehung von ischämischen Herzkrankheiten eine mitverursachende Rolle

Tabelle 3.5-11

**Wohn- und Arbeitslärm als Risikofaktoren für Herz- und Kreislauferkrankungen**

	Lärm 0*)	Lärm 1*)	Lärm 2*)	Lärm 3*)
Herz-Kreislauf-Erkrankungen	1,00	0,66 0,34–1,32	1,03 0,68–1,57	2,81 0,89–8,87
Angina pectoris	1,00	0,47 0,21–1,09	1,09 0,73–1,64	1,22 0,47–3,14
Herzinfarkt	1,00	2,59 0,79–8,45	1,04 0,42–2,53	3,54 0,79–15,54
Herzasthma	1,00	0,99 0,34–2,93	0,78 0,38–1,58	2,38 0,6–9,34
Hypertonie	1,00	0,48 0,2–1,15	0,92 0,6–1,42	1,32 0,42–4,11

(angegeben sind das relative Risiko und das 95 %-Konfidenzintervall)

\*) Erklärung siehe Tz. 433

Quelle: MASCHKE et al., 1997

spielt. Gleichwohl ist der Umweltrat der Meinung, daß die Ergebnisse konsistent einen Trend aufzeigen. Als Schwellenwert für mögliche lärmbedingte Infarktrisiken gelten Immionspegel von 65 dB(A) am Tage.

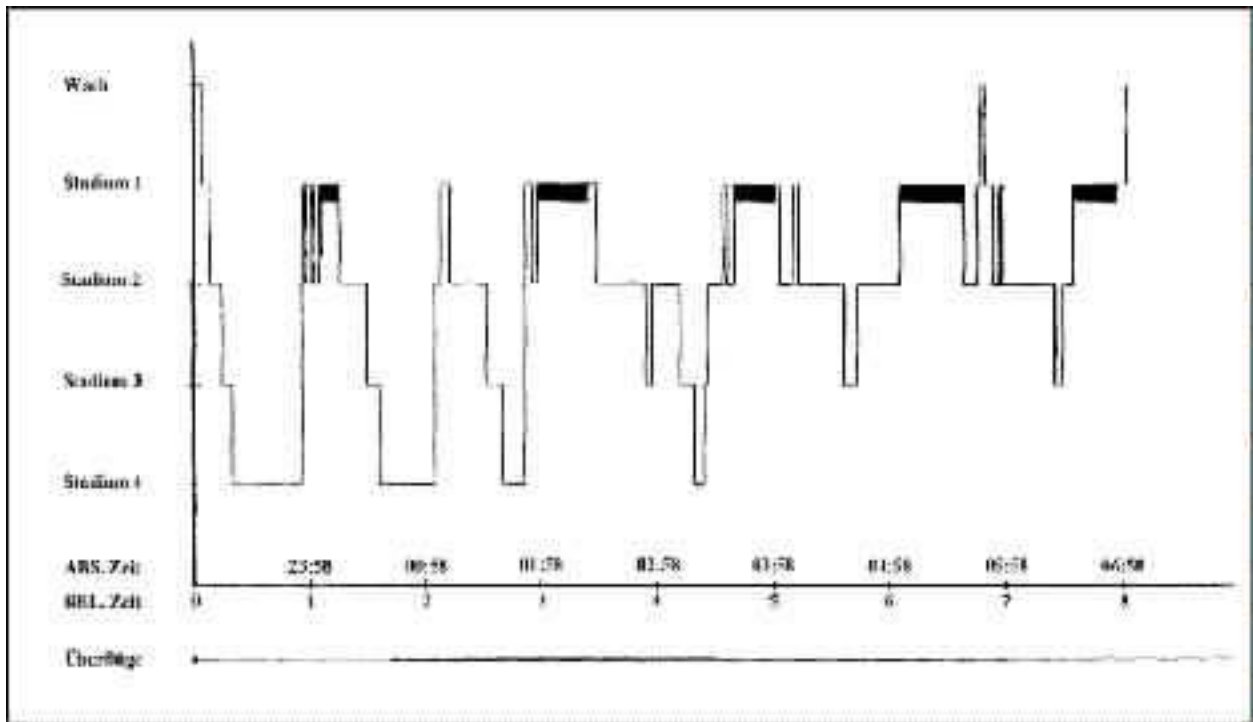
**3.5.4.4 Beeinträchtigung des Schlafes durch Lärm**

**435.** Schlafstörungen zählen zu den häufigsten Lärmfolgen. Rund 20 % der Bevölkerung geben an, wegen des Lärms nicht bei geöffneten Fenstern schlafen zu können, knapp 10 % können auch bei geschlossenen Fenstern nicht ruhig schlafen (UBA, 1997). Die dominierende Geräuschquelle ist der Straßenverkehr. Auch nachts sind etwa ein Drittel der Bevölkerung mit Mittelungspegeln von über 50 dB(A) belastet (Tab. 3.5-2).

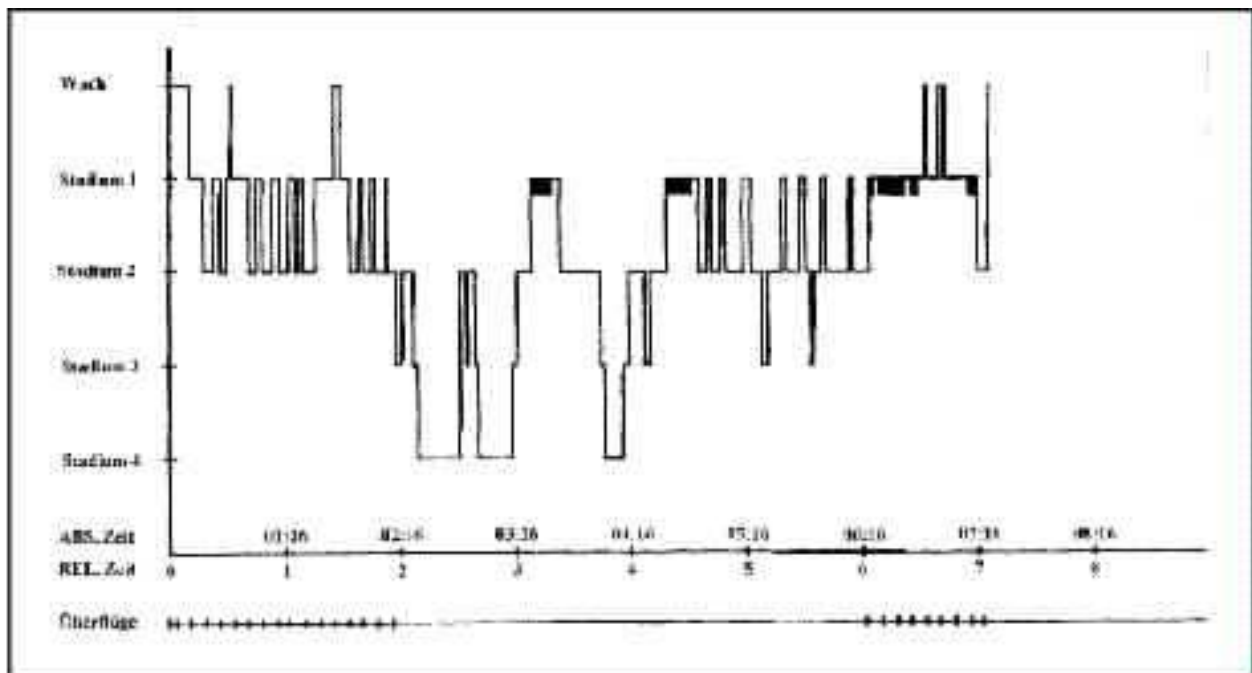
Abbildung 3.5-2a und b

**Typische Schlafprofile unter Ruhe und Fluglärm**

- a) Die Versuchsperson schlief bei einem nächtlichen Mittelungspegel von  $L_{eq\text{ innen}} < 30\text{ dB(A)}$  im Schlaflabor



- b) Die Versuchsperson schlief bei nominal 32 Überflügen. Das entsprach einem Mittelungspegel von  $L_{eq\text{ innen}} = 53\text{ dB(A)}$



Quelle: MASCHKE et al., 1995a, verändert

### Zur Physiologie des Schlafes

**436.** Der Schlaf des Menschen ist kein statischer Zustand, sondern ein dynamischer Erholungsprozeß mit Veränderungen von Bewußtseinslage und Körperfunktionen bei Überwiegen des Parasympathikus. Das Schlafmuster läßt sich mit der Elektroenzephalographie (EEG) erfassen und als Schlafzyklogramm darstellen (Abb. 3.5-2a und b). Der Schlaf beginnt mit dem Übergang vom Wachzustand in das Einschlafstadium (NON-REM 1). Die EEG-Aktivität läßt nach, der Atem wird ruhiger, der Puls langsamer und die Muskeln erschlaffen. Nach wenigen Minuten wird das Leichtschlafstadium erreicht (NONREM 2), in dem die Stoffwechselaktivität abnimmt. Nach kurzer Verweildauer im Stadium 3 (mitteltiefer Schlaf, NONREM 3) wird der Tiefschlaf (NONREM 4) erreicht, die Körperbewegungen hören auf. Mit jeder Schlafvertiefung wird die Weckschwelle erhöht. Das Ende eines Schlafzyklus bildet der Traumschlaf (REM-Schlaf) der im Elektroenzephalogramm dem Einschlaf-Stadium ähnelt, aber durch schnelle Augenbewegungen gekennzeichnet ist. Während einer Nacht wird dieser Zyklus vier bis sechsmal durchlaufen, die Verweildauer in den tiefen Schlafstadien nimmt mit der Schlafzeit ab, die Verweildauer im Traumschlaf nimmt zu.

Der Tiefschlaf dient der physiologischen Erholung, der Traumschlaf der psychischen Erholung, insbesondere der Aufbereitung und Reflexion von Gedächtnisinhalten. Die Qualität des Schlafes wird durch den ausgewogenen und rhythmischen Ablauf dieser beiden Zustände bestimmt. Chronische Störungen des Schlafes beeinträchtigen psychisches Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit, unter anderem die Verkehrssicherheit, und sind zudem Risikofaktoren für psychosomatische Erkrankungen, für Neurosen, Angst und Aggressivität.

### Lärmbedingte Schlafstörungen

**437.** Die Wirkung von Schallreizen auf den Schlaf des Menschen wird in Primär-, Sekundär- und Tertiärreaktionen unterteilt. Primär- und Sekundärreaktionen werden auch als Sofortreaktionen bezeichnet:

- Unter Primärreaktionen werden Veränderungen des Schlafablaufs (Stadienwechsel und Stadienverteilung, Aufwachreaktionen), der Motorik (Körperbewegungen) und vegetativer Funktionen (Änderungen von Atemfrequenz, Blutdruck und peripherer Durchblutung) zusammengefaßt. Sie ereignen sich direkt nach dem Schallreiz oder im Verlauf der lärmgestörten Nacht.
- Sekundärreaktionen sind im Wachzustand nach einer lärmgestörten Nacht zu beobachten. Hierbei kann es sich um eine Beeinträchtigung von Wohlbefinden, Leistung, psychischer Verfassung u.ä. handeln. Diese Reaktionen sind reversibel.
- Tertiärreaktionen sind gesundheitliche Beeinträchtigungen, die infolge langanhaltender Lärmexposition zu beobachten sind. Sie bleiben auch nach Beendigung der Exposition bestehen.

Vergleicht man das Schlafprofil in Abbildung 3.5-2a mit dem Schlafprofil einer durch Fluglärm gestörten Person (Abb. 3.5-2b), so ist eine Reduzierung der Tief- und

REM-Schlafphasen und eine Störung der Schlafzyklen zu verzeichnen. Bei hoher, nächtlicher Lärmbelastung ist – abhängig von der Zeitstruktur der Lärmquelle – eine Minderung der Schlaftiefe und ein fragmentierter Schlafverlauf zu beobachten (MASCHKE und HARDER, 1998). Ein fragmentierter Schlafverlauf bedeutet, daß der Schlafende immer wieder gezwungen wird, einen neuen Schlafzyklus zu beginnen; dies ist ein Vorgang, der als Disstress zu interpretieren ist.

### Studien zur Wirkung von Verkehrslärm auf den Schlaf

**438.** Im Auftrag des Umweltbundesamtes wurden anhand der Literaturstudie „Beeinträchtigung des Schlafes durch Lärm“ die Auswirkungen einer realen Lärmbelastung (Straßenverkehrs-, Flug-, Lkw-Lärm) auf den Nachtschlaf des Menschen überprüft (UBA, 1997; MASCHKE et al., 1996). Einbezogen wurden die Ergebnisse von 35 Studien (19 Labor- und 16 Feldstudien), die zwischen 1980 und 1995 in deutscher oder englischer Sprache veröffentlicht wurden. Die Mehrzahl der Studien wurde mit jungen (weniger als 30 Jahre alten) Probanden durchgeführt, wenige Studien mit Kindern (jünger als 12 Jahre). Personen, die älter als 60 Jahre sind, waren fast nicht vertreten. Die Lärmexposition bestand in zwei Untersuchungen aus Straßenverkehrs- und Fluglärm, in fünf Untersuchungen nur aus Fluglärm und in den restlichen 28 Untersuchungen aus Straßenverkehrslärm, der, sofern es sich um intermittierenden Lärm handelte, meist durch vorbeifahrende Lastkraftwagen verursacht war. Die Versuchsdauer umfaßte meist nur wenige Nächte, so daß Gewöhnungseffekte in den meisten Studien nicht berücksichtigt wurden. Untersuchungsparameter waren *Sofortreaktionen*, die subjektiv angegeben werden oder objektiv meßbar sind. Aus den Studien geht hervor, daß nächtlicher Verkehrslärm zu Veränderungen des physiologischen Schlafmusters führen kann. In der Tabelle 3.5-12 sind die Effektschwellen der einzelnen Sofortreaktionen zusammengestellt. Sie liegen mehrheitlich bei einem äquivalenten Dauerschallpegel (Innenpegel) zwischen 35 und 45 dB(A). Anderes gilt für die Aufwachreaktion, die Dauer der Wachphasen und die Dauer des Leichtschlafes. Für diese Reaktionen liegen die Effektschwellen deutlich höher, nämlich zwischen 60 und 70 dB(A). Zu einer ähnlichen Beurteilung kommt auch eine niederländische Studie (Health Council of The Netherlands, 1996).

**439.** Einige der in Tabelle 3.5-12 zusammengefaßten Ergebnisse der Literatursauswertung sollen im folgenden auszugsweise dargestellt werden. Auf die Ergebnisse der Studien zur nächtlichen Streßhormonausscheidung wurde in Abschnitt 3.5.4.1 eingegangen.

- *Gesamtschlafdauer*: Dieser Parameter wurde in 13 Studien erhoben; in 9 Studien war die Gesamtschlafzeit verkürzt, in 2 Studien nicht verändert und in 2 Studien verlängert. Durch kontinuierlichen Straßenverkehrslärm mit einem Dauerschallpegel  $L_{eq} = 45$  dB(A) kann die Gesamtschlafzeit bis zu 20 Minuten verkürzt werden, bei  $L_{eq} = 75$  dB(A) um 30 bzw. 45 Minuten. Bei intermittierendem Lärm ergeben sich Verkürzungen von etwa 15 Minuten bei  $L_{max} = 45$  dB(A) und 50 Lkw-Lärmereignissen. Auch

Kinder reagieren mit einer Verkürzung der Gesamtschlafzeit, die jedoch geringer ist als bei Erwachsenen.

- *Schlafstadienlatenz:* Die Zeit, die vom Schlafbegehren bis zum Erreichen eines bestimmten Schlafstadiums vergeht (Latenz), wurde in 22 Untersuchungen ermittelt. In 7 Studien konnte eine signifikante Verlängerung der Schlafstadienlatenz ermittelt werden, in 5 Studien die Tendenz zu einer Verlängerung und in 10 Studien keine Veränderungen. Als besonders lärmempfindlich gilt die Einschlaf latenz, womit die Zeit, die bis zum Erreichen des Stadiums 1 oder auch 2 vergeht, bezeichnet wird. Kontinuierlicher Verkehrslärm kann die Einschlaf latenz ab einem  $L_{eq} = 45 \text{ dB(A)}$  um etwa 10 Minuten verlängern, während die Tiefschlaf latenz schon ab einem  $L_{eq} = 36 \text{ dB(A)}$  um 30 Minuten verlängert sein kann. Intermittierender Lärm ( $L_{max} = 45 \text{ dB(A)}$  bei 50 Ereignissen pro Nacht,  $L_{max} = 55 \text{ dB(A)}$  bei 20 Lärmergebnissen pro Nacht) verlängert die Tiefschlaf latenz um 20 Minuten, insbesondere zu Beginn der Nacht. Auch bei Kindern bewirkte eine nächtliche Lärmexposition eine Veränderung der Schlafstadienlatenz.
- *Dauer des Tiefschlafes:* In einer Studie konnte bei kontinuierlichem Lärm eine Reduzierung der Tiefschlafdauer bereits bei  $L_{eq} = 36 \text{ dB(A)}$  beobachtet werden. Eindeutige Verkürzungen um 10 bis 13 Minuten ergeben sich bei 67 und 76 dB(A). Die Untersuchungsergebnisse lassen Gewöhnungseffekte erkennen, sie zeigen aber auch, daß sich der Tiefschlaf bei jahrelang exponierten Menschen durch zusätzliche Schallschutzmaßnahmen verlängern läßt. Bei intermittierendem Lärm führen bereits 50 Lkw-Lärmereignisse pro Nacht mit einem Maximalpegel von 45 dB(A) bei Erwachsenen zu einer Verkürzung des Tiefschlafes um etwa 15 Minuten. Eine um ca. 40 % verminderte Tiefschlafdauer ist mit etwa 45 Minuten bei  $L_{max} = 75 \text{ dB(A)}$  und 64 Fluglärmergebnissen zu verzeichnen. Für diesen Maximalpegel zeigt sich eine zunehmende Tiefschlafverkürzung mit der Erhöhung der Ereigniszahl. Kinder reagieren selbst bei Maximalpegeln von 65 dB(A) nicht mit einer Verkürzung der Tiefschlafdauer. Störungen zu Beginn oder in der Mitte der Nacht können in der verbleibenden Schlafdauer kompensiert werden.
- *Dauer des REM-Schlafes:* Die Traumschlafdauer wurde in 18 Studien bestimmt, in 9 Studien wurde eine signifikante Verkürzung nachgewiesen, in 5 Studien eine tendenzielle Verkürzung. Die REM-Schlafdauer kann durch kontinuierlichen Lärm oberhalb eines äquivalenten Dauerschallpegels von 36 dB(A) reduziert werden. Die Verkürzungen liegen bei  $L_{eq} = 35\text{--}45 \text{ dB(A)}$  zwischen 5 Minuten und 30 Minuten, oberhalb von  $L_{eq} = 45 \text{ dB(A)}$  bei etwa 45 Minuten. Intermittierender Lärm bei Maximalpegeln von 55 dB(A) und 50 Ereignissen kann zu einer Verkürzung von bis zu 20 Minuten führen. Eine Abhängigkeit vom Alter der Probanden ebenso wie Gewöhnungseffekte sind nicht zu erkennen. Wird die Lärmexposition zu Anfang oder in der Mitte der Nacht dargeboten, reduziert sich die REM-Schlafdauer deutlich, wohingegen eine Lärmexposition ausschließlich am Ende der Nacht keinen nennenswerten Effekt hat.

Als Einflußfaktoren bei den Schlafuntersuchungen haben sich Persönlichkeitseigenschaften wie Lärmempfindlichkeit und der Zeitpunkt der Lärmexposition erwiesen. So hat der Verkehrslärm auf den Nachtschlaf von Kindern geringere Auswirkungen als auf den Schlaf von Erwachsenen. Ein wesentlicher Einflußfaktor ist der Zeitpunkt der Exposition: Besonders beeinträchtigend wirken sich Lärmexpositionen zu Beginn und in der Mitte der Nacht aus.

**440.** Schlafstörungen variieren beträchtlich mit den akustischen Charakteristika der Schallreize; informationshaltige Geräusche und starke Pegelschwankungen sind besonders ungünstig, während breitbandige, gleichförmige Geräusche relativ schnell zur Gewöhnung führen. Bisher liegen nur wenige Arbeiten vor, die fundierte Aussagen bezüglich einer Gewöhnung (Habituation) an nächtlichen Lärm ermöglichen. Es wird aber davon ausgegangen, daß keine oder zumindest keine vollständige Gewöhnung an nächtlichen Lärm stattfindet, auch wenn sich nach einer gewissen Zeit ein neues, kompensiertes Schlafverhalten entwickelt (JANSEN et al., 1999).

#### Schwellenwerte für nächtliche Lärmbelästigung

**441.** Die Störung des Schlafes durch Lärm setzt bei geringeren Pegeln ein als der Lärmstreß des wachen Menschen. Die größere Empfindlichkeit des vegetativen Nervensystems in der Nacht beträgt etwa 10 bis 15 dB(A). Die in den Regelwerken aufgeführten Immissionswerte für Tag und Nacht tragen dem Rechnung und unterscheiden sich meist um 10 bis 15 dB(A). Nach JANSEN et al. (1999) ist bei Maximalpegeln von 87 dB(A) eine Übersteuerung der vegetativen Funktionen auch im Schlaf zu erwarten. Da ein solcher Wert ohnehin fast immer zum Aufwachen führt, müssen zur Beurteilung von Nachtlärmbelastungen für eine durchschnittliche Bevölkerung andere Kriterien verwendet werden. Maßgebendes Kriterium könne die Aufweckhäufigkeit, d.h. der Anteil der Aufwachenden in Abhängigkeit vom Lärmpegel sein. Nach JANSEN et al. (1999) deutet unphysiologisches Aufwachen darauf hin, daß die für die Nacht typische Stoffwechsellaage (trophotrope Phase) nicht weiter aufrecht erhalten werden kann und in eine für den Tag typische Stoffwechsellaage mit Überwiegen des Sympathikus übergeht. Zudem wird der normale Schlafzyklus unterbrochen. Der Schwellenwert von 60 dB(A) kann daher als Beginn gesundheitsbeeinträchtigender Belastungen angesehen werden.

**442.** In der Lärmwirkungsforschung ist die Frage, welche Sofortreaktion bei langanhaltender Exposition eine Gesundheitsbeeinträchtigung hervorruft, umstritten. Da die verschiedenen Sofortreaktionen bei unterschiedlichen Minimalpegeln beobachtet werden können, hat die wissenschaftliche Klärung dieser Frage einen hohen präventivmedizinischen Stellenwert.

Aus der Literaturanalyse „Beeinträchtigung des Schlafes durch Lärm“ (MASCHKE et al., 1996) ziehen die Autoren den Schluß, daß aus präventivmedizinischer Sicht eine Unterschreitung der aufgeführten Pegelbereiche – äquivalenter Dauerschallpegel von 35 bis 45 dB(A) und Maximalpegel von 45 bis 55 dB(A) – anzustreben sei. Diese

Tabelle 3.5-12

**Effektschwellen für Sofortreaktionen bei nächtlicher Lärmbelastung**

Parameter	Kontinuierlicher Lärm ( $L_{eq}$ )	Intermittierender Lärm ( $L_{max}$ )
Gesamtschlafdauer	Ab 45 dB(A) verkürzt	Bei 45 dB(A) (50 Ereignisse) verkürzt
Schlafstadienlatenz	Einschlaflatenz ab 45 dB(A) verlängert; Tiefschlaflatenz ab 36 dB(A) verlängert; Tendenz zur Verlängerung der Traumschlaflatenz	Einschlaflatenz keine Daten; Tiefschlaflatenz bei 45 dB(A) (50 Ereignissen) verlängert; Tendenz zur Verkürzung der Traumschlaflatenz
Arousalreaktionen und Stadienwechsel	*)	Ab 45 dB(A) induziert
Aufwachreaktionen	Erhöhung oberhalb 60 dB(A)	Ab 45 dB(A) induziert
Dauer der Wachphasen	Verlängerung oberhalb von 66 dB(A)	Verlängerung ab 65 dB(A) (15 Ereignisse)
Dauer des Leichtschlafs	Verlängerung oberhalb von 66 dB(A)	Verlängert bei 75 dB(A) (16 Ereignisse)
Dauer des Tiefschlafs	Verkürzung ab 36 dB(A)	Verkürzung ab 45 dB(A) (50 Ereignisse)
Dauer des REM-Schlafs	Verkürzung oberhalb von 36 dB(A)	Verkürzung bei 55 dB(A) (50 Ereignisse)
Herzrhythmusstörungen	*)	Erhöhung der Häufigkeit durch Ereignisse > 50 dB(A)
Herzfrequenz	*)	Erhöhung ab Modulationstiefe von 7 dB(A)
Körperbewegungen	Oberhalb von 35 dB(A) vermehrt	Bei 45 dB(A) vermehrt und induziert
Stresshormonausscheidung	*)	Erhöhung bei 55 dB(A) (16 Ereignisse)
Subjektive Schlafqualität	Verschlechtert ab 36 dB(A)	Bei 50 dB(A) (64 Ereignisse) bereits um 25% verschlechtert
Erinnerbares Erwachen	Erhöhung oberhalb von 40 dB(A)	Erhöhung ab 45 dB(A), nimmt mit $L_{max}$ und Ereigniszahl zu
Leistung	Verschlechtert oberhalb von 45 dB(A)	Verschlechtert bei 45 dB(A) (16 Ereignisse)

\*) Keine (ausreichenden) Daten

Quelle: MASCHKE et al., 1996

Pegelbereiche haben sich für den Großteil der untersuchten Parameter als Effektschwellen erwiesen. Das alleinige Abstellen auf Aufwachreaktionen berücksichtigt nach MASCHKE und HARDER (1998) weder die Zerstörung der Zeitstruktur des Schlafes, noch die Schlafstadienverteilung, noch die nachteiligen Wirkungen einer Kompensation.

**443.** Schon 1982 stellte der Interdisziplinäre Arbeitskreis für Lärmwirkungsfragen beim Umweltbundesamt fest, daß Innenpegel von  $L_{eq}$  30 dB(A) und  $L_{max}$  40 dB(A)

geeignet seien, Schlafstörungen weitgehend zu vermeiden. Bei gekippten Fenstern können die Außenpegel um ca. 10 dB(A) höher liegen, bei geschlossenen Fenstern um ca. 25 dB(A). In seinem Gutachten von 1987 hat sich der Umweltrat dieser Auffassung insofern angeschlossen, als hiermit Schwellenwerte für Beeinträchtigungen angegeben werden (SRU, 1988, Tz. 1444). Die genannten Innenwerte finden sich auch in der für die WHO erarbeiteten Dokumentation „Community Noise“ von BERGLUND und LINDVALL (1995). In den Materialien zum 4. Immissionsschutzbericht der Deutschen Bundesregie-



rung an den Bundestag wird festgehalten, daß Mittelungspegel von 25 bis 35 dB(A) am Ohr des Schlafers noch im schlafgünstigen Bereich liegen (MASCHKE et al., 1997).

**444.** Die medizinische Begründung der aufgeführten Innenpegel von  $L_{eq}$  30 dB(A) und  $L_{max}$  40 dB(A) ist umstritten. Insbesondere ist nicht geklärt, ob und in welchem Maße die in der Tabelle 3.5-12 aufgeführten Sofortreaktionen bei langanhaltender Exposition eine Gesundheitsgefährdung hervorrufen. Daher kann nach JANSEN et al. (1999) bis zur Klärung der Zusammenhänge zwischen physiologischen Sofortreaktionen und Gesundheitsgefährdung an den Kriterien von  $L_{max}$  60 dB(A) für die Aufweckschwelle und von sechsmal 60 dB(A) für lärmbedingtes Aufwachen durch informationsarme Geräusche festgehalten werden. Der Wert von 60 dB(A) darf nach JANSEN et al. (1999) bis zu sechsmal pro Nacht überschritten werden. Bei dem Kriterium sechsmal 60 dB(A) handelt es sich um Maximalpegel (innen), die nicht häufig oder dauernd auftreten – z.B. Fluglärmereignisse – und deren Pegel deutlich, d.h. mehr als 20 dB(A), über dem Grundpegel liegen. Treten Schallbelastungen in der Nacht dagegen häufig auf und liegen ihre Pegelspitzen weniger als 20 dB(A) über dem Grundpegel (z.B. Straßenverkehrslärm an vielbefahrenen Straßen), so sind die energieäquivalenten Mittelungspegel zur Beurteilung heranzuziehen.

Aus der Sicht des Umweltrates ist nicht auszuschließen, daß die beobachteten Schlafstörungen langfristig Gesundheit und Leistungsfähigkeit beeinträchtigen können.

#### **3.5.4.5 Lärmbedingte Leistungsstörungen und psychische Auswirkungen von Lärm**

**445.** Leistungsstörungen gehören zu den erheblichen Lärmwirkungen. Im auditiven Bereich kann die maskierende Wirkung von Störgeräuschen dazu führen, daß akustische Informationen verdeckt werden. Im nicht-auditiven Bereich kann Lärm durch Ablenkung, Belästigung und Überaktivierung kognitive Funktionen beeinträchtigen. Naturgemäß sind kreatives Denken, Konzentrationsfähigkeit u.ä. eher störanfällig als einfache repetitive Leistungen. Die Störung wird dabei durch jede Auffälligkeit des Schallreizes verstärkt, also durch intermittierenden, unvorhersehbaren Lärm, unregelmäßige Pegelschwankungen, hochfrequente Anteile oder besondere Ton- und Informationshaltigkeit.

**446.** In vielen Belastungssituationen wird die lärmbedingte Leistungseinbuße durch erhöhten Aufwand, z.B. durch zusätzliche Konzentrationsanstrengungen, kompensiert, so daß vorübergehend sogar Leistungssteigerungen auftreten. Zahlreiche Untersuchungen belegen aber eine Nachwirkung des Lärms über den Belastungszeitraum hinaus, die sich in erhöhter Ermüdung oder verringerter Belastbarkeit zeigt.

So erwiesen sich bei Erwachsenen (COHEN et al., 1981) wie bei Schulkindern (COHEN et al., 1986) die in Laborstudien festgestellten Leistungsdefizite über ein Jahr lang als stabil; eine Doppelbelastung der Schulkinder (Wohnung und Schule) hatte einen verstärkenden Effekt,

der auch durch eine erfolgreiche Lärminderung in der Schule binnen eines Jahres nicht reduziert wurde.

In der Düsseldorfer Verkehrsbelastungsstudie wurde im Rahmen einer Explorationsstudie an 38 Kindern Konzentrationsfähigkeit und Aufmerksamkeitsverhalten erfaßt. Die experimentellen Ruhe- und Schallbedingungen waren nach einem Cross-Over-Plan so verteilt, daß jeweils die Hälfte der Kinder aus den beiden Untersuchungsgebieten beim ersten Testtermin die Tests in Ruhe und beim zweiten Termin bei Beschallung durchführte. Bei den übrigen Kindern wurde umgekehrt verfahren. Bei akuter Beschallung erbrachten alle Kinder im Stroop-Diskriminations-Test und Vigilanztest bessere Leistungen als ohne Beschallung. Erhöhte chronische Schallbelastung (Pegel im Wohngebiet der Kinder tagsüber zwischen 57 und 76 dB(A)) beeinträchtigte dagegen die selektive Aufmerksamkeitsleistung (Go/Nogo-Test) und die Erfassung der Detail-Diskrimination (d2-Test). Die Leistungen der Kinder aus ruhigen Gebieten (tagsüber 49 bis 57 dB(A)) waren in dieser Hinsicht besser und ausgeglichener (MÜLLER et al., 1998).

Der Befund, daß bestimmte Leistungen bei zusätzlicher Belastung durch Straßenverkehrsgeräusche besser werden, ist mit der Theorie der reaktiven Anspannungssteigerung vereinbar. Um eine Aufgabe trotz störender Hintergrundgeräusche gut bewältigen zu können, muß man sich mehr anstrengen, konzentrieren und aufmerksamer sein, als es zur Bewältigung derselben Aufgabe in Ruhe nötig ist. Der erhöhte Aufwand kann durch Überkompensation zu einer Verbesserung der Leistung führen. Die „Kosten“ für die bessere Leistung sind jedoch größere Beanspruchung und als Folge schnellere Ermüdung. Die Leistungseffizienz, das ist das Verhältnis von Aufwand zu Ertrag, ist reduziert. Die einzig wirksame Möglichkeit, die resultierende Ermüdung zu kompensieren, ist ausreichend ergiebiger Schlaf. Vor diesem Hintergrund kann die Beobachtung bedeutsam werden, daß die Konzentrationsleistungen gerade derjenigen Kinder beeinträchtigt sind, die höheren Lärm-Nachtpegeln ausgesetzt sind. Diese Kinder haben möglicherweise geringere Möglichkeiten, sich von dem Aufwand der Anspannungssteigerung zu erholen (MÜLLER et al., 1998).

**447.** Durch die Verlegung des Münchner Flughafens im Jahre 1992 ergab sich für die Wissenschaft die seltene Gelegenheit eines quasi „natürlichen Experimentes“, da in der Nachbarschaft sowohl des alten wie des neuen Flughafens lärmbelastete und nicht-belastete Gruppen von Schulkindern gebildet und sowohl vor als auch nach der Verlegung untersucht werden konnten (genauere Angaben s. Tz. 417). Eine Arbeitsgruppe um EVANS, HYGGE und BULLINGER konnte über einen Zeitraum von zwei Jahren nachweisen, daß sich einige kognitive Leistungen der Schulkinder in der Nachbarschaft des neuen Flughafens allmählich verschlechterten und im Einzugsgebiet des alten Flughafens wieder verbesserten. Insgesamt zeigen die Münchner Fluglärmstudien nur leichte, nicht besorgniserregende Beeinträchtigungen in einigen Bereichen (z.B. Konzentrationsfähigkeit und Lesefähigkeit), wohingegen das Wohlbefinden der Kinder, d.h. ihre Lebensqualität, kaum beeinträchtigt wird (BULLINGER, 1999 und 1998; EVANS et al., 1995).

Die kognitiven Wirkungen chronischer Lärmbelastung bei Kindern betreffen vor allem Lesedefizite, Störungen der Sprachwahrnehmung und des Spracherwerbs sowie der Langzeiterinnerung (HYGGE et al., 1998). EVANS et al. (1995) zeigen auch Motivationsdefizite und besondere kognitive Bewältigungsstrategien (z.B. Ausfiltern auditiver Reize) bei langjährig lärmbelasteten Kindern auf, und diskutieren die Frage, inwieweit daraus Nachwirkungen auf die weitere kindliche Entwicklung zu erwarten sind.

**448.** Lärmbedingte Motivationsänderungen in diesem Sinne beruhen nicht auf der wahrgenommenen Belästigung oder auf lärminduzierten Lernstörungen, sondern sind in erster Linie mit der Wahrnehmung von Unkontrollierbarkeit verbunden (EVANS et al., 1998). Im Sinne des Modells der „gelernten Hilflosigkeit“ kann die Exposition gegenüber aversiven, unkontrollierbaren Umweltreizen dazu führen, daß die aktive Auseinandersetzung mit der Umwelt aufgegeben wird. Als typischer Indikator solcher Motivationsdefizite wird in Labor- oder Feldstudien das frühzeitige Aufgeben bei bestimmten Aufgabenstellungen, z. B. Puzzles, angesehen. EVANS et al. weisen darauf hin, daß lärmbedingte gelernte Hilflosigkeit und deren möglicher Zusammenhang mit der Entwicklung von Depressionen gerade im Hinblick auf besonders gefährdete Personengruppen – z.B. Lärmempfindliche, Depressive, Personen mit geringem Vertrauen in die eigenen Kontrollmöglichkeiten – weiter zu untersuchen sei.

Als Alternativhypothese zur Theorie der „gelernten Hilflosigkeit“ schlagen MÜLLER et al. (1998) vor, daß die Kinder aufgrund jahrelanger Erholungsdefizite „erschöpft“ sind und die zusätzliche Anspannung nicht mehr aufbringen können oder, weil sie gelernt haben, ihre Ressourcen optimal einzusetzen, nicht aufbringen wollen.

**449.** Im Zusammenhang mit Anpassung an Lärmbelastung und Entwicklung besonderer Bewältigungsstrategien ist auch der Gesichtspunkt der *psychischen Kosten* zu berücksichtigen, der zuerst von GLASS und SINGER (1972) bei Laborexperimenten aufgezeigt wurde. In diesen Experimenten hielten die Versuchspersonen während der Schallexposition zwar ihre Leistung konstant, zeigten jedoch danach Leistungsabfall und Stimmungsänderungen. Auch bei der Bewältigung von Umweltlärm werden solche Kompensationsleistungen der Betroffenen postuliert, entweder auf physiologischer Ebene (vgl. TAFALLA und EVANS, 1997) oder in Form von Änderungen des Verhaltens bzw. der kognitiven Einstellungen. Inwieweit diese Anpassungsleistungen Auswirkungen auf das Sozialverhalten oder die emotionale Stabilität haben, ist schwierig zu untersuchen. LERCHER (1998) faßt folgende Beeinträchtigungen bei langandauernder Lärmbelastung zusammen:

- Leistungsminderung (verminderte Merkfähigkeit und Frustrationstoleranz)
- soziale Insensitivität (geringe Hilfsbereitschaft, Neigung zu Aggressivität)
- Strebinsuffizienz (zunehmende Unfähigkeit, unter Druck zu arbeiten)

- Veränderungen des Gesundheitsverhaltens (häufigeres Rauchen, verstärkte Medikamenteneinnahme usw.)
- physiologische Veränderungen (vegetative Labilität, Blutdruckänderungen usw.)
- psychische Veränderungen (Hoffnungslosigkeit, Passivität, erlernte Hilflosigkeit).

**450.** Belästigungsäußerungen, körperliche Reaktionen auf Lärm und Lärmbewältigung bilden ein komplexes Beziehungsgefüge. Unbestritten spielt die psychische Wirkungsebene insbesondere bei chronischer Belastung durch Umweltlärm eine zentrale Rolle. Auswirkungen, die sich relativ gut reizbezogen untersuchen und auch in Laborexperimenten näherungsweise simulieren lassen – z.B. Leistungsstörungen –, sind dabei verlässlicher nachgewiesen als relativ unspezifische psychische oder verhaltensmäßige Veränderungen, die natürlich immer von vielen zusätzlichen Faktoren beeinflusst werden. Die konkreten Ausprägungen psychischer Lärmwirkungen (siehe Kasten) sollten deshalb auch bei administrativen und rechtlichen Maßnahmen zur Lärmbekämpfung entsprechend berücksichtigt werden.

**451.** Umgebungslärm, der die Schwelle für erhebliche Belästigung überschreitet, hat nicht nur Auswirkungen auf die betroffenen Individuen, sondern betrifft auch das Zusammenleben der Bevölkerung in den entsprechenden Wohngebieten. Es kommt zu „Vermeideverhalten“ wie Schließen der Fenster und geringe Balkonnutzung. Die spontane Kommunikation auf der Straße und vor den Häusern wird erschwert, die Vereinzelung der Menschen wird gefördert. Im Extremfall sehen sich die betroffenen Personen zu einem Wohnungswechsel veranlaßt. Dies ist wiederum nur von einer Minderheit finanziell tragbar, so daß eine soziale Entmischung die Folge ist (ACKERMANN-LIEBRICH et al., 1999).

#### **Ausprägungen psychischer Lärmwirkungen**

- Störungen von Tätigkeiten
- Störung des Schlafs und der Erholung
- Störung der Kommunikation in jeder Form
- Störung von Lernen und Leistung infolge veränderter Aufmerksamkeitshaltung und verringerter Kapazität zur Informationsverarbeitung
- Veränderungen der emotionalen Stimmungslage bis hin zu psychischen Auffälligkeiten und Verhaltensänderungen

Quelle: JANSEN et al., 1999

#### **3.5.5 Lärmempfindliche Personen und besonders gefährdete Personengruppen**

**452.** Die Wirkung von Lärm, insbesondere von Straßenverkehrs- und Fluglärm, auf die Bevölkerung ist differenziert zu betrachten. Die in den allgemeinen technischen und sonstigen Regelwerken festgelegten Immissionswerte geben eine Beurteilungsgrundlage für die

durchschnittliche Bevölkerung ab. Es gibt aber Personengruppen in der Bevölkerung, die bei Lärmbelastungen besonders starke Wirkungen zeigen oder auf Lärmbelastungen besonders sensibel reagieren. Somit stellt sich die Frage, ob bei der Beurteilung von Lärmeinwirkungen das einzelne Individuum, die durchschnittliche Bevölkerung oder bestimmte Personengruppen als Maßstab einer allgemeinen Richtwertfestsetzung oder eines Maßnahmenkataloges herangezogen werden sollen. Schutzwürdige Gruppen sind im Hinblick auf die Lärmbelastung (wie auch in anderen Umweltbereichen) Schwangere, Kinder, alte Menschen, Kranke (hier insbesondere Hypertoniker und blutdrucklabile Patienten) und die Gruppe der besonders lärmempfindlichen Personen.

### Lärmwirkung und Lärmempfindlichkeit

**453.** Etwa 10 bis 15 % der Bevölkerung werden als lärmempfindlich eingeschätzt, dies scheint auch für Kinder zu gelten. So zeigte bei Untersuchungen zur Wirkung von Tieffluglärm auf Kinder ein ähnlich hoher Prozentsatz lärmbedingte Schreckreaktionen (POUSTKA, 1991). Es besteht allgemeine Übereinstimmung darüber, daß eine individuelle Sensitivität gegenüber Lärm existieren muß, wobei allerdings ungeklärt ist, ob diese genetisch determiniert oder als Folge der Lärmbelastung anzusehen ist (GRIEFAHN, 1991). In Untersuchungen zur Quantifizierung der physiologischen Lärmempfindlichkeit wurde ein gefährdetes Kollektiv von 6,25 % der Allgemeinbevölkerung ermittelt (JANSEN et al., 1996). Eine mögliche Erklärung für die Abweichung gegenüber der gängigen Schätzung von 10 bis 15 % geht davon aus, daß JANSEN et al. lediglich auf die physiologische Lärmempfindlichkeit abgestellt haben, während die psychologischen und soziologischen Aspekte nur ansatzweise über die physiologisch-psychologische Anamnese, also nicht umfassend einbezogen wurden.

**454.** Menschen, die von ihrer Anlage her oder durch besondere Umstände *psychisch und vegetativ labil* sind, empfinden auch Lärmbelastungen wesentlich eher als lästig oder gar als unzumutbar. Epidemiologische Untersuchungen über Lärm und seinen Einfluß auf die Häufigkeit von Medikamenteneinnahmen weisen aber kontroverse Ergebnisse auf und liefern somit keine Beweise für ursächliche Zusammenhänge.

**455.** Für einen Arzt ist es schwierig, den Lärmeinfluß bei der Entstehung der vegetativen Dystonie abzuschätzen. Psychologische Testverfahren (z.B. Freiburger Persönlichkeitstest nach Fahrenberg) erlauben Aussagen über „Neurotizismus“ oder „vegetative Labilität“. In Untersuchungen mit „Neurotikern“ und „Nichtneurotikern“ wurden bei Schallbelastungen *unterhalb* der hörschädigenden und vegetativ übersteuerten Grenzwerte (z.B. „Weißes Rauschen“ und Industriegetöse) mit  $L_{eq3} = 75$  dB(A) je nach psychischer Ausgangslage unterschiedliche Vasokonstriktionsgrößen ermittelt. Die Neurotiker wiesen bei unterkritischen Belastungsgrößen signifikant stärkere Reaktionen auf. Auch bei der Prüfung anderer physiologischer Parameter ergaben sich teilweise beachtliche Unterschiede zwischen labilen (neurotischen) und stabilen Probanden als Folge persönlicher Dispositionen und Konstitutionen. Wenn dagegen

die Schallreize den kritischen Wert von 100 dB(A) erreichten, traten zwischen den beiden Gruppen *keine* physiologischen Reaktionsunterschiede mehr auf (JANSEN und HOFFMANN, 1971).

### Besonders gefährdete Personengruppen

**456.** Zu den besonders gefährdeten Personengruppen gehören Kinder, Schwangere, kranke Personen (hier besonders Personen mit Herz- und Kreislauf-Erkrankungen) sowie alte Menschen.

*Säuglinge und Kleinkinder* sind in einigen physiologischen Funktionen noch nicht voll entwickelt, so daß bestimmte Funktionsänderungen durch Lärm, wie die Vasokonstriktion, in Versuchen nicht oder nur andeutungsweise sichtbar werden. So konnten unter Belastungen von 105 dB(A) nur sehr schwache, lärmbedingte Vasokonstriktionen nachgewiesen werden (MATTHIAS, 1961). Sie fallen dagegen besonders prägnant bei Jugendlichen und bei Erwachsenen zwischen 22 und 35 Jahren aus.

*Kindergartenkinder und Schulanfänger* weisen in bezug auf hormonell-vegetative Reaktionen keine erhöhte Lärmempfindlichkeit auf. Aus experimentellen Studien ist bekannt, daß die kardiovaskulären Parameter von Kindern (z.B. Blutdruck) sehr schnell auf Lärm reagieren, sich aber ebenso schnell zurückbilden. Vor diesem Hintergrund sind lärmbedingte Blutdruckerhöhungen nicht als Gesundheitsgefährdung zu interpretieren (MASCHKE und HARDER, 1998).

Darüber hinaus stellt man fest, daß die meisten Kinder sehr lärmfreudig sind, wie die Beispiele von Kindergärten und Schulhöfen zeigen. Bei Messungen in drei Kindergärten wurden Mittelungspegel von 69 bis 74 dB(A) festgestellt (HOUCHE, 1996). Es liegen nur wenige Studien vor, in denen Schlafstörungen von Kindern untersucht wurden. Eine schwedische Felduntersuchung zeigte, daß Verkehrslärm auf den Nachtschlaf von Kindern deutlich geringere Auswirkungen hat als auf den Nachtschlaf von Erwachsenen. Einzelne Befunde hierfür finden sich auch in den in Abschnitt 3.5.4.4 dargestellten Studien zur Wirkung von Verkehrslärm auf den Schlaf.

Untersuchungen zur Auswirkung von Tieffluglärm auf Kinder ergaben direkte aurale Wirkungen (z.B. häufige Ohrenschmerzen und Hörschwellenverschiebungen; SPRENG, 1987). Die auralen Wirkungen betrafen Kinder verschiedenster Altersgruppen, die in weniger hoch belasteten Tieffluggebieten lebten und weisen auf eine besondere Empfindlichkeit des jugendlichen Gehörs hin (MASCHKE und HARDER, 1998).

**457.** Im Vordergrund von Lärmwirkungen bei Kindern steht nicht die Belästigung, sondern die *Störung geistiger Tätigkeiten*. So konnte in den Untersuchungen der Arbeitsgruppe von COHEN (Tz. 446) festgestellt werden, daß bei Schulkindern, die in der Nähe eines Flughafens leben, neben Blutdrucksteigerungen vor allem Einbußen in kognitiven Funktionen vorlagen. In Untersuchungen, die in der Nachbarschaft des alten und des neuen Münchner Flughafens durchgeführt wurden (Tz. 447), konnte bestätigt werden, daß fluglärmexponierte Kinder mehr Fehler bei schwierigen Leseaufgaben machen, eine

reduzierte Erinnerungsleistung beim Langzeitgedächtnis und längere Reaktionszeiten aufweisen als Kinder, die ohne Fluglärm leben. Wird der Fluglärm eingestellt, gleichen sich die Leistungen der Kinder wieder an. Setzt der Fluglärm ein, beginnen die negativen Veränderungen und sind nach zwei Jahren deutlich ausgeprägt. In einer vergleichenden Untersuchung über die Wirkungen von Flug-, Straßenverkehrs- und Schienenverkehrslärm auf das Langzeitgedächtnis bei 12- bis 14-jährigen Schülern konnte HYGGE (1993) zeigen, daß Flug- und Straßenverkehr diesen Parameter beeinträchtigten, nicht aber Schienenverkehr.

Insgesamt sind die in der Literatur mitgeteilten Leistungs-differenzen zwischen schallbelasteten Kindern und Kontrollgruppen, obgleich statistisch bedeutsam, meist nicht sehr groß. Einige kognitive Tätigkeiten werden durch Geräusche deutlich, andere gar nicht gestört oder sogar begünstigt. Oft liegen die Leistungen aller Kinder noch im Normbereich der verwendeten Tests, jedoch mit deutlichen Häufungen der Testwerte schallbelasteter Kinder an den oberen oder unteren Grenzen der Normbereiche (MÜLLER et al., 1998).

**458.** Der Zustand der *Schwangerschaft* ist nach ärztlicher Auffassung kein Krankheitszustand, sondern stellt eine natürliche und gesunde, jedoch eine gegenüber Belastungen sensible und unter Umständen schnell über-

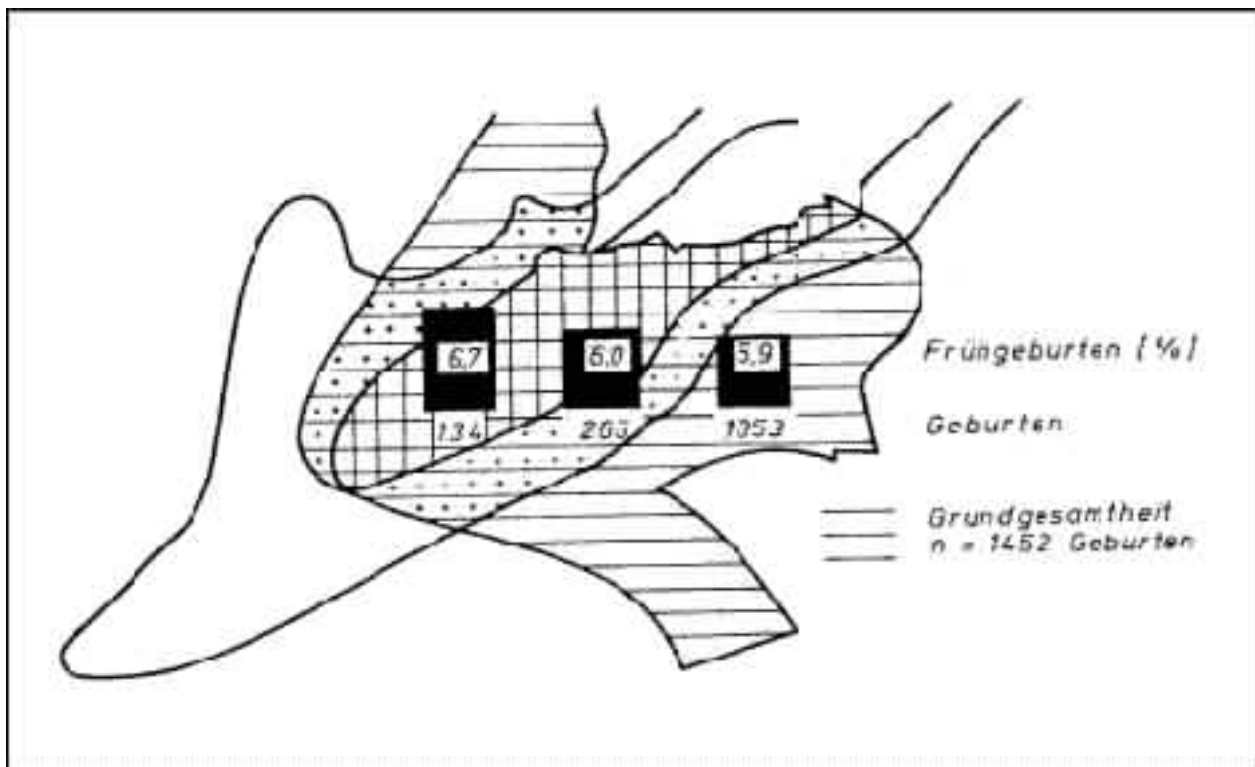
schießende Reaktionslage dar. Vorsorgemaßnahmen für Schwangere zielen darauf ab, höhere Belastungen, die im täglichen, vor allem aber beruflichen Leben auftreten, zu vermeiden. Als Richtwert ist in der Arbeitsstättenverordnung ein mittlerer Maximalpegel von 80 dB(A) für Schwangere festgelegt worden, der wesentlich auf Messungen der Vasokonstriktion der Schwangeren und der foetalen Herzfrequenz beruht (ARENS, 1976).

Belege für eine erhöhte Rate von Geburtsfehlern oder ein reduziertes Geburtsgewicht aufgrund der Lärmbelastung liegen nur vereinzelt vor und lassen allenfalls einen geringen Zusammenhang vermuten (JANSEN und NOT-BOHM, 1994). So ermittelten REHM und JANSEN (1978) in der Umgebung des Flughafens Düsseldorf die Frühgeburtenrate aus 4,5 Jahren in drei unterschiedlich fluglärmbelasteten Gebieten (Abb. 3.5-3). Diese lag in allen drei Gebieten bei durchschnittlich 6 % von 1 452 Geburten und damit im Rahmen einer normalen Streubreite in der Bevölkerung.

**459.** *Patienten mit Hypertonie* reagieren auf Schallpegel im Bereich von 50 bis 90 dB(A) stärker als Gesunde. Signifikante Anstiege des Blutdrucks werden auch bei Probanden mit labilem Bluthochdruck unter Schalleinwirkungen in diesen Größenordnungen gefunden. Bei *Personen mit Erkrankungen des Kreislauf- und Gefäßsystems* (u.a. Patienten mit Schlaganfallbedingten

Abbildung 3.5-3

#### Frühgeburtenhäufigkeit in Flughafennähe



Quelle: REHM und JANSEN, 1978

Halbseitenlähmungen) wurde ein im Vergleich zu gleichaltrigen Gesunden eingeschränktes vegetatives Reaktionsvermögen auf Lärmreize gefunden. Gleichzeitig wiesen die peripheren Gefäßregulationen Verzögerungen in der Rückregulation der Durchblutung auf (JANSEN et al., 1980). Das nervöse Aktivationsniveau ist bei Patienten gegenüber Gesunden erhöht, die zusätzliche Belastung durch Lärm hemmt oder verzögert Regenerationsprozesse und kann so das Krankheitsgeschehen im negativen Sinne beeinflussen. Die psycho-physiologische Lärmempfindlichkeit des Kranken ist höher als die des Gesunden. Allgemein läßt sich aus diesen Ergebnissen folgern, daß der für Gesunde geltende Schwellenwert von 99 dB(A) für die normale vegetative Verarbeitung von Schalleinwirkungen für Erkrankte nicht bestehen bleiben kann, sondern tiefer anzusetzen ist. Der Schwellenwert von 99 dB(A) reduziert sich um 11 dB(A), wenn es sich um leicht Erkrankte handelt, während für schwer und schwerst Erkrankte die Notwendigkeit einer Reduktion um 21 dB(A) beziehungsweise 32 dB(A) ermittelt wurde (GRIEFAHN, 1982).

**460.** *Altersspezifische* Reaktionen sind im Bereich der nervösen Regulationen nachweisbar. Ebenso weisen die physiologischen Reaktionen altersspezifische Ausprägungen auf. In Untersuchungen mehrerer Autoren konnten zwischen Alter und lärmbedingter Vasokonstriktion sowie zwischen Alter und vegetativer Ausgangsschwankung (Gefäßelastizität und Gefäßdynamik) signifikante Zusammenhänge in der Richtung gefunden werden, daß vegetative Lärmreaktionen mit zunehmendem Alter schwächer werden. Andererseits konnten in Laboruntersuchungen zur Wirkung militärischer Tiefflüge bei 70-jährigen systolische Blutdrucksteigerungen bis zu 45 mm Hg als akute Reaktion auf Tieffluggeräusche festgestellt werden.

### 3.5.6 Unterschiedliche Lärmquellen und Gesamtlärmbelastung

**461.** Belastungen durch verschiedene Lärmquellen werden in der öffentlichen Diskussion wenig beachtet, obwohl allein die Zahl der Bundesbürger, die durch Straßenverkehrs- und Fluglärm belästigt werden, auf 31 Millionen geschätzt wird (ORTSCHEID, 1996). Die wissenschaftliche Diskussion um die Frage, ob sich die Belästigung durch mehrere Lärmquellen zu einem Gesamtmaß der Belästigung zusammenfassen läßt, wird kontrovers geführt. Seit dem Vorschlag von SCHULTZ (1978), eine einheitliche Dosis-Wirkungs-Kurve für alle Arten von Verkehrslärm zu verwenden, in der nur ein Nachtzuschlag von 10 dB(A) für erhöhte Lästigkeit vorgesehen ist, wurden verschiedene Korrekturen in der Bewertung der „Gesamtblästigung“ angeregt, um der unterschiedlichen Wirkung der wichtigsten Lärmarten gerecht zu werden. Genannt werden getrennte Kurven für Flug- und Bodenverkehr (FIDELL et al., 1991), Zuschläge in Dezibel-Äquivalenten für bestimmte Lärmquellen (FIELDS, 1990) und pegelabhängige Korrekturen mit Straßenverkehrslärm als Referenzgröße (VOS, 1991). Demgegenüber betont eine grundsätzliche Kritik an der Zusammenfassung verschiedener Belästigungsquellen auf der Grundlage der Schallpegel, daß

unterschiedliche Wirkungen der einzelnen Lärmarten nicht nur vom Schallpegel, sondern von zusätzlichen akustischen Kennwerten abhängen (GUSKI, 1997). Auch wird hervorgehoben, daß die hervorgerufene Belästigung je nach Lärmquelle unterschiedliche Qualität zeigen kann (KRYTER, 1982).

**462.** Empirische Daten zur kombinierten Wirkung mehrerer Lärmquellen zeigen bisher keine klaren Tendenzen bzgl. der Art des Zusammenwirkens. FIELDS (1993) zieht in einer Literaturschau die Schlußfolgerung, daß die Belästigung durch eine Hauptlärmquelle in den meisten Studien kaum durch eine zusätzliche Lärmquelle beeinflusst wird. OLIVA (1998) zieht in einer umfangreichen Untersuchung zur Belästigung durch Flug- und Straßenverkehrslärm den Schluß, daß die einzelnen Geräuschquellen nicht zu einer „gesamthaften Geräuschkulisse“ integriert werden, sondern daß sich die Intensität der einzelnen Quellen in den Einzelbewertungen niederschlägt. Nach VOS (1992) trifft dies aber nur zu, wenn eine Lärmquelle beträchtlich stärker ist als die andere. Sind dagegen zwei Lärmquellen ungefähr gleich belästigend, so liegt die Gesamtblästigung im allgemeinen höher als die Belästigung durch die vorherrschende Quelle. Dies konnte auch experimentell bestätigt werden (Health Council of The Netherlands, 1996; VOS, 1992).

**463.** Nach JANSEN et al. (1999) ist im Bereich der Belästigungen der Stand der Forschung noch nicht so weit fortgeschritten, daß geeignete Summationsregeln abgeleitet werden können. Die bisherigen Erkenntnisse aus der Lärmwirkungsforschung rechtfertigen noch die bisherige getrennte Betrachtungsweise der einzelnen Lärmarten.

JANSEN et al. halten allerdings hinsichtlich gesundheitlicher Gefährdung eine Gesamtbetrachtung für richtig und notwendig. Es sei zwar wissenschaftlich noch nicht erwiesen, daß solche Gesamtblastungswerte mit der schädlichen Wirkung korrelieren, dies sei jedoch sehr wahrscheinlich. Die unterschiedliche Behandlung von Gesundheitsgefährdung und erheblicher Belästigung dürfte damit zusammenhängen, daß für die gesundheitlichen Auswirkungen in erster Linie akustische Meßgrößen wie die Schallpegel maßgebend sind, die sich grundsätzlich addieren lassen, wohingegen bei erheblichen Belästigungen andere, insbesondere qualitative Lärmcharakteristika in die Bewertung mit eingehen.

### 3.5.7 Zumutbarkeitskriterien und Bevölkerungsschutz

**464.** Das allgemeine Lärmbewußtsein ist erheblich gestiegen, da trotz der Erfolge in der technischen und organisatorischen Lärmbekämpfung die belästigenden und zum Teil gesundheitsbeeinträchtigenden Wirkungen des Lärms nach wie vor bestehen. Durch die Zunahme der lärmzeugenden Aktivitäten, insbesondere im Verkehrsbereich, wurden die bisherigen Erfolge der Lärminderung überkompensiert. Die Reaktion der Bevölkerung auf Lärm reicht von extremer Empfindlichkeit bis zu Gleichgültigkeit.

Der Beitrag des Umweltfaktors Lärm zum Krankheitsgeschehen kann nur dann richtig eingeschätzt werden, wenn

Klarheit über den Begriff Gesundheit besteht. Wie in Kapitel 1.3 dargestellt wurde, ist der Begriff der Gesundheit differenziert und gestuft zu betrachten. Insbesondere ist zu beachten, daß die Übergänge von gesunden Reaktionen zu krankhaften Veränderungen fließend sind, wobei insbesondere beim Lärm zeitliche Aspekte, d. h. die Dauer der Lärmbelastung, eine entscheidende Rolle spielen.

**465.** Eine andere Frage ist es, inwieweit durch die geltenden Grenz- und Richtwerte Gesundheitsbeeinträchtigungen durch Lärm tatsächlich verhindert werden und ein ausreichender Bevölkerungsschutz gewährleistet werden kann. Der Umweltrat hat im Umweltgutachten 1987 eine ausführliche Darstellung der Lärmproblematik vorgelegt (SRU, 1988). In seinen Gutachten 1994 und 1996 sind allgemeine Schlußfolgerungen für Lärmbelastungen gezogen worden mit der Zielsetzung, die zur Zeit für ca. 16 % der Bevölkerung noch starke, d. h. mehr als 65 dB(A) betragende Lärmbelastung mittelfristig abzubauen (SRU, 1996 und 1994). Als Zielgröße gibt der Umweltrat einen Immissionsrichtwert von 55 dB(A) an. Angesichts der beim Verkehrslärm heute noch bestehenden, weit höheren Belastungen im Bereich um Mittelungspegel von 65 dB(A) wird es sicherlich erheblicher Anstrengungen bedürfen, um dieses Ziel zu erreichen.

Ein Nahziel muß es aber sein und bleiben, daß der kritische Wert für erhebliche Belästigung von 65 dB(A) – wie er hier dargestellt worden ist – möglichst nicht mehr überschritten wird. Mittelfristig sollte ein Präventionswert von 62 dB(A) angestrebt werden, der dann längerfristig schrittweise auf einen Zielwert von 55 dB(A) herabgesetzt werden müßte. Eine dauerhafte Absenkung der Lärmbelastung auf Werte von 65 dB(A) oder weniger wird auch im Entwurf eines Umweltpolitischen Schwerpunktprogramms als eines der Ziele innerhalb des Themenschwerpunkts „Schutz der menschlichen Gesundheit“ genannt (BMU, 1998). Das Umweltbundesamt hat bereits im Jahr 1995 einen Wert von 59 dB(A) vorgeschlagen (UBA, 1995).

Aus epidemiologischen Untersuchungen liegen wissenschaftliche Hinweise vor, nach denen Menschen, die an lauten Straßen wohnen, ein erhöhtes Risiko für Herzinfarkte haben. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um diesen Zusammenhang zu quantifizieren. Bei ganz-tägig vorhandenem Verkehrslärm liegt der Schwellenbereich für die Erhöhung kardiovaskulärer Risiken bei Außenpegeln zwischen 65 und 70 dB(A). Der Wert für erhebliche Belästigung von 65 dB(A) (außen, tagsüber) sollte somit auch aus Gründen des vorbeugenden Gesundheitsschutzes nicht überschritten werden. Dies entspricht auch den Empfehlungen der WHO, wonach zur Vermeidung möglicher Gesundheitsschäden die Mittelungspegel vor Wohngebäuden am Tage 65 dB(A) nicht überschreiten sollten.

**466.** Für die nächtliche Belastung sollte unter gesundheitlichen Gesichtspunkten heute schon ein Immissionswert von 55 dB(A) für die kurzfristige Lärmschutzpolitik maßgeblich sein. Die in Deutschland geltenden niedrigen Immissionsgrenzwerte bei Neubau oder wesentlicher Änderung von Straßen- und Schienenwegen von 49 dB(A) für reine Wohngebiete und 54 dB(A) für Mischgebiete können das nächtliche Lärmproblem nur teilweise lösen,

da immerhin 17 % der Bevölkerung nächtlichen Pegeln über 55 dB(A) ausgesetzt sind und diese Werte nicht für bestehende Verkehrswege gelten. Wegen der besonderen Bedeutung von Schlafstörungen genügt es zur Nachtzeit nicht, lediglich Mittelungspegel festzusetzen. Vielmehr müssen, wie dies in einigen Regelwerken bereits geschehen ist und für den Bereich des Fluglärms auch von der Rechtsprechung (BVerwGE 87, 332, 376) gefordert wird, zusätzlich Maximalpegel festgelegt werden. Dabei ist zu überprüfen, ob die gegenwärtig geltenden Maximalpegel (insbesondere in der Nachtzeit) dem Schutzbedürfnis der Bevölkerung ausreichend Rechnung tragen. Nach JANSEN et al. (1999) ist mit kritischen Lärmbelastungen dann zu rechnen, wenn die Weckschwelle von 60 dB(A) sechsmal pro Nacht überschritten wird. Die Maximalpegel an den Immissionsorten (Außenpegel an Gebäuden) werden mit sechsmal 75 dB(A) angegeben, wobei die Lärminderung für teilgeöffnete Fenster mit 15 dB(A) und damit sehr hoch angesetzt ist (s.u.). Am Tage ist nach JANSEN et al. (1999) die Schwelle zur Gefährdung mit mehr als 19 Überflügen mit Maximalpegeln von über 99 dB(A) erreicht. Demgegenüber sieht das Oberlandesgericht Koblenz in einer neueren Entscheidung (Urteil vom 6. Mai 1998 – 1U 1568/93) die enteignungsrechtliche Zumutbarkeitsschwelle bei 17maliger Überschreitung von Spitzenpegeln von über 90 dB(A) am Tage als erreicht an. Neuere Ergebnisse der Lärmwirkungsforschung zeigen, daß körperliche Reaktionen schon bei weit niedrigeren Maximalpegeln auftreten. So bewirkten bereits 16 Überflüge mit Maximalpegeln von 55 dB(A) eine Erhöhung der nächtlichen Streßhormonausscheidung (MASCHKE, 1992; Tz. 414), Beeinträchtigungen der Schlafstruktur beginnen bereits bei Maximalpegeln (innen) von 45 dB(A) (Tz. 414 ff.). Da die gesundheitliche Relevanz dieser und ähnlicher Reaktionen wissenschaftlich noch nicht geklärt ist, werden diese Lärmwirkungen bisher nicht zur rechtlichen Beurteilung von Fluglärmbelastungen herangezogen. Üblicherweise wird daher auf die Aufweckschwelle von 60 dB(A) abgestellt. Anzumerken ist hierzu, daß von manchen Autoren auch deutlich niedrigere Werte angegeben werden (siehe auch Tab. 3.5-12).

Wie dargelegt, können meßbare lärmbedingte Schlafstörungen bereits deutlich unter der Aufwachschwelle von 60 dB(A) festgestellt werden. Sie liegen mehrheitlich bei Mittelungspegeln (innen) zwischen 35 und 45 dB(A) und Maximalpegeln (innen) von 45 bis 55 dB(A). Inwieweit diese Schlafbeeinflussungen als Gesundheitsstörung gewertet werden können, kann derzeit noch nicht beantwortet werden. In dem für die WHO erarbeiteten Dokument „Community Noise“ (BERGLUND und LINDVALL, 1995) werden als Schwellenwerte für Schlafstörungen Mittelungspegel (innen) von 30 dB(A) und Maximalpegel von 45 dB(A) genannt.

Die Schalldifferenz außen/innen liegt bei gekippten bzw. leicht geöffneten Fenstern zwischen 6 und 15 dB(A) und wird meistens mit 10 dB(A) angesetzt (BECKERS, 1999). Bei einem Immissionswert von 55 dB(A) liegen bei gekipptem Fenster die Innenpegel an der Grenze zum schlafgünstigen Bereich. Ein Mittelungspegel von 30 dB(A) wäre erst bei geschlossenem Fenster (Abzug von 25 Dezibel) zu erreichen. Im Hinblick auf die ge-

sundheitliche Bedeutung des Raumklimas sollte der Bevölkerung nicht zugemutet werden, bei geschlossenem Fenster zu schlafen.

**467.** Für den Erhalt von Gesundheit und Wohlbefinden sind Erholungsphasen notwendig. Die klassischen Ruhezeiten – nach der Arbeit, während der Nacht und an den Wochenenden – sollten verstärkt berücksichtigt werden. Die Erweiterung der (zumindest beim Verkehr) herangezogenen Beurteilungszeiten Tag/Nacht durch die Beurteilungszeit „Abend“ kommt dem Bedürfnis nach Ruhe entgegen und sollte verstärkt bei Lärminderungsmaßnahmen berücksichtigt werden (Tz. 494 ff.).

**468.** Die bei der Festlegung von „Zumutbarkeit“ auftretenden Konflikte zwischen gesundheitspolitisch Wünschbarem und wirtschaftlich Machbarem sind so zu lösen, daß der Kompromiß eindeutig unter den Schwellenwerten für Gefährdung liegt. Auch sollte der Kennwert für erhebliche Belästigung nicht überschritten werden, wenn die Belästigung (psychisches Wohlbefinden) als entscheidende Belastungsgröße zu beurteilen ist (z.B. Straßenverkehrslärm). Regelsetzende Institutionen sollten Immissionsrichtwerte festlegen, die deutlich unterhalb der Werte für gesicherte Gesundheitsgefährdungen (vegetative Übersteuerung, Aufwachen) liegen. Diese Werte sind in erster Linie auf Wohngebiete zugeschnitten. Für wenige schutzbedürftige Gebiete mit Wohnnutzungen wie Mischgebiete und Kerngebiete ist der Zielwert von 55 dB(A), jedenfalls langfristig, ebenfalls anzustreben. Sicherlich hat hier eine Abwägung zwischen dem gesundheitspolitisch Wünschbarem und den wirtschaftlichen Möglichkeiten zu erfolgen. Bei der Ausgestaltung als Zielwert kann aber sichergestellt werden, daß die wirtschaftlichen Grenzen des Lärmschutzes ausreichend Berücksichtigung finden.

Der besonderen Lärmempfindlichkeit bestimmter Gruppen, insbesondere von Kranken und Kindern, muß angemessen Rechnung getragen werden. Neben einem Schutz der Einschlafzeit von Kindern ist dies praktisch nur gebietsbezogen möglich. Das gebietsbezogene Konzept zum Schutz solcher vulnerabler Gruppen wird von den geltenden Regelwerken (TA Lärm, 16. BImSchV und Fluglärngesetz) im Ansatz bereits berücksichtigt.

**469.** Wissenschaftlich begründete Hinweise auf gesundheitliche Gefährdungen (z.B. Risikoerhöhung für Herz-Kreislauf-Erkrankungen) müssen bei Maßnahmen der Vorsorge berücksichtigt werden. Bei zukünftigen Untersuchungen zur erhöhten Ausscheidung von Stresshormonen bei Belastung mit Fluglärm muß geklärt werden, inwieweit bei Pegelbereichen, die bisher „nur“ als belästigend eingestuft werden, physiologische Reaktionen ablaufen, die ihrer Natur nach langfristig als gesundheitsschädlich anzusehen sind.

### **3.5.8 Technische und umweltpolitische Analyse der Lärmbelastung**

**470.** Im letzten Jahrzehnt sind in allen Lärmsektoren auf der Grundlage von Schallemissionsbegrenzungen für Anlagen und Produkte erhebliche Lärminderungen erreicht worden. Dies gilt insbesondere für genehmigungsbedürftige Anlagen, die den Anforderungen der TA Lärm unterliegen. Aber auch im Verkehrsbereich konnte

durch technische Maßnahmen an Kraftfahrzeugen und Flugzeugen zur Begrenzung der Schallemissionen (aktiver Schallschutz), aber auch mit Hilfe anderer Schallschutzmaßnahmen (z.B. Bau von Lärmschutzwänden, Einbau von Schallschutzfenstern, Einführung von Geschwindigkeitsbegrenzungen, Nachtflugverboten) zumindest in Teilbereichen eine Verringerung der Lärmbelastung der Bevölkerung erreicht werden.

Insgesamt ist aber festzustellen, daß insbesondere im Verkehrsbereich die technischen Erfolge an den Fahrzeugen bzw. Flugzeugen durch den zunehmenden Anstieg der Verkehrsstärke zumindest teilweise wieder kompensiert worden sind. Dies hat zu einer weiterhin starken Verkehrslärmbelastung geführt.

**471.** Nach Angaben der EU-Kommission sind ca. 20 % der Bevölkerung in der Europäischen Union, d.h. annähernd 80 Millionen Menschen, Lärmpegeln ausgesetzt, die von der Lärmwirkungsforschung als untragbar angesehen werden, von denen sich die meisten Menschen gestört bzw. belästigt fühlen, die zu Schlafstörungen führen und bei denen gesundheitsschädliche Auswirkungen zu befürchten sind. Weitere 170 Millionen Menschen leben in sogenannten „Grauen Zonen“, in denen die Lärmbelastung am Tage zu starken Belästigungen führt. Untersuchungen für die Bundesrepublik Deutschland kommen zu ähnlichen Ergebnissen (IPOS, 1995), obwohl es in Deutschland als Folge der Wiedervereinigung und der politischen Umwälzungen in Mittel- und Osteuropa zu erheblichen Veränderungen der Verkehrsströme gekommen ist und in Zukunft verstärkt kommen wird. Diese Entwicklung hat die heutige Geräuschbelastung nachhaltig beeinflusst und erreichte Verbesserungen teilweise aufgezehrt. Auch bei den anderen Geräuscharten ergab sich, u.a. bedingt durch den technischen Strukturwandel und ordnungspolitische Instrumente, eine Sonderentwicklung in den neuen Bundesländern.

#### **3.5.8.1 Straßenverkehrslärm**

##### **Emissionssituation**

**472.** Nach der Straßenverkehrszulassungsordnung (StVZO) müssen Kraftfahrzeuge so beschaffen sein, daß ihre Geräuschentwicklung das nach dem Stand der Technik unvermeidbare Maß nicht überschreitet. Die Entwicklung muß dabei so weit fortgeschritten sein, daß die praktische Eignung der entsprechenden Maßnahme gesichert ist (erfolgreiche Erprobung im Betrieb). Vergleicht man aber die Innovationsaktivitäten mit dem Ziel der Lärminderung bei Kraftfahrzeugen mit den Aktivitäten zur Abgasemissions- und Kraftstoffverbrauchsreduzierung, so muß man erstere eher als schleppend bezeichnen. Der erreichte Entwicklungsstand wird nachfolgend dargestellt.

In der EG-Richtlinie 92/97/EWG sind Grenzwerte für das Fahrgeräusch von Kraftfahrzeugen festgelegt (s. Tab. 3.5-13). Seit 1989 sind die Anforderungen an die Geräuschemissionen nach dieser Richtlinie für Pkw, Busse, Kleinbusse und Lieferwagen, Lkw und Krafträder in zwei Stufen verschärft worden. Die Geräuschgrenzwerte wurden dabei je nach Fahrzeugtyp und Leistungs-kategorie um 2 dB(A) bis 5 dB(A) gesenkt. Auch die laute-

Tabelle 3.5-13

**Grenzwerte für Fahrgeräusche von Kraftfahrzeugen**

Zulässige Höchstwerte in dB(A)	bis 1989/1990	1989 bis 1995	seit 1995/1996
Pkw	80	77	74
Busse > 3,5 t; < 150 kW	82	80	78
Busse ≥ 3,5 t; < 150 kW	85	83	80
Kleinbusse/Lieferwagen ≤ 2t	81	78	76
Kleinbusse > 2 bis 3,5 t	81	79	77
Lkw > 3,5 t; < 75 kW	86	81	77
Lkw > 3,5 t; 75 bis < 150 kW	86	83	78
Lkw > 3,5 t; ≥ 150 kW	88	84	80
Krafträder bis 80 cm <sup>3</sup> Hubraum	seit 1988: 77	seit 1993: 75	
Krafträder bis 175 cm <sup>3</sup> Hubraum	seit 1989: 79	seit 1994: 77	
Krafträder > 175 cm <sup>3</sup> Hub- raum	seit 1988: 82	seit 1993: 80	

Das zugehörige Meßverfahren ist beschrieben in DIN ISO 362 (Stand:1984) „Messung des von beschleunigten Straßenfahrzeugen abgestrahlten Geräusches“

Quelle: TÜV Rheinland, 1999

sten Neufahrzeuge bei den Lkw und Bussen dürfen seit 1996 keine höheren Geräuschemissionen aufweisen als Pkw, die bis Ende der achtziger Jahre gebaut wurden.

**473.** Mit der genannten Richtlinie der EG ist auch das Druckluftgeräusch von Lastkraftwagen auf einen Wert von 72 dB(A) begrenzt worden, der auch für sogenannte lärmarme Lkw gefordert wird.

Mit der 18. Verordnung zur Änderung straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften vom 20. Juli 1994 wurde die Kennzeichnung lärmarmen Kraftfahrzeuge (Lkw mit einer zulässigen Gesamtmasse über 2,8 t) mit dem Buchstaben „G“ eingeführt. Durch diese Kennzeichnungsvorschrift wurde auch die Einführung von Benutzervorteilsregelungen für lärmarme Lkw und deren Überwachung deutlich vereinfacht. Bislang haben vor allem Kur- und Ferienorte Ausnahmeregelungen für lärmarme Lkw in Fußgänger- und Lärmschutzzonen eingeführt.

Die deutschen Grenzwerte für lärmarme Lkw lagen in der Vergangenheit um 6 dB(A) bis 8 dB(A) unter den EG-Grenzwerten für normale Lkw. Durch die zwischenzeitlich eingetretene technische Entwicklung unterscheiden sie sich heute praktisch nicht mehr von den Grenzwerten der Europäischen Union. Entsprechend den technischen Möglichkeiten sollten die Kriterien für lärmarme Fahrzeuge auch weiterhin verschärft werden.

**474.** Bei Motorrädern werden die Geräuschemissionen zwar seit langem durch EU-Richtlinien begrenzt, den-

noch liegen die Geräusche von Motorrädern in vergleichbaren Verkehrssituationen weit über denen von Personenwagen, im Mittel über 6 dB(A). Die Geräuschgrenzwerte für Motorräder sind in mehreren Stufen fortgeschrieben worden; die letzte Stufe trat 1993/1994 in Kraft. Lärmprobleme rufen Motorräder vor allem deshalb hervor, weil sie als Freizeitgeräte besonders zu lärmsensiblen Zeiten und häufig in ansonsten ruhigen Gebieten gefahren werden. Eine hochtourige Fahrweise sowie Veränderungen an der Auspuffanlage können die Lärmbelastung zusätzlich erhöhen.

In der EU-Richtlinie 97/24/EG sind u.a. auch neuere Geräuschgrenzwerte für Motorräder und geschwindigkeitsbegrenzte motorisierte Zweiräder festgelegt. Mit dieser Richtlinie werden die bisher nur in Deutschland vollständig umgesetzten Geräuschgrenzwerte der 2. Stufe der Richtlinie 87/56/EWG EU-weit verbindlich vorgeschrieben. Außerdem werden in dieser Richtlinie erstmals für Kleinkrafträder der unterschiedlichen Kategorien einheitliche, auch gegenüber den bisher in Deutschland geltenden Werten spürbar abgesenkte Geräuschgrenzwerte festgelegt.

**475.** Die Antriebsgeräusche moderner Pkw wurden aufgrund der stufenweise verschärften Grenzwerte bereits soweit abgesenkt, daß das Motorgeräusch vom Abrollgeräusch der Reifen bereits ab Geschwindigkeiten etwa zwischen 50 km/h und 60 km/h übertroffen wird, d.h. bei höheren Geschwindigkeiten dominieren bei modernen Pkw heute die Reifen-Abrollgeräusche.

Zur Vorbereitung international harmonisierter Produktanforderungen an Reifen wurden ein spezielles Geräuschmeßverfahren entwickelt und der derzeitige Stand der Lärminderungstechnik bei Pkw- und Lkw-Reifen ermittelt. Die Jury Umweltzeichen hält auf der Grundlage dieser Ergebnisse eine Verminderung des Abrollgeräusches um mindestens 3 dB(A) bis 5 dB(A) durch technische Verbesserung der Reifen für möglich und hat am 1. Oktober 1997 Anforderungen an die Vergabe des Umweltzeichens „Blauer Engel“ an geräuscharme Reifen festgelegt.

Für eine umfassende Verminderung der Reifen-Fahrbahn-Geräusche ist neben der Entwicklung leiserer Reifen auch die Entwicklung und der Bau lärmmindernder Fahrbahnen erforderlich. Zur Zeit werden in allen Bereichen des Straßenbaus erhebliche Anstrengungen unternommen, leisere Fahrbahnbeläge in Form offenerer oder dichter Deckschichten sowohl in Asphalt- als auch in Betonbauweise zu entwickeln und in die Praxis umzusetzen. Allerdings stößt man bei solchen Entwicklungen in der Regel auf einen Zielkonflikt: Die Ansprüche an Sicherheit, Zeitstandfestigkeit und Lärmemissionsminderung müssen aufeinander abgestimmt werden. Die bisher vorliegenden Erkenntnisse werden bereits nach den Richtlinien des Bundesverkehrsministeriums für den Lärmschutz an Straßen bzw. der Verkehrslärmschutz-Verordnung (16. BImSchV) bei der Berechnung von Beurteilungspegeln bei Straßenverkehrslärm angewendet. Auch die Lärmbekämpfung durch geeignete Straßenbegrünung – Pflanzen mit niedrigem Wuchs und rauher Oberfläche, Moose, Efeu an Hauswänden usw. – erwies sich als unerwartet erfolgreich. Lärminderungen von 3 bis 5 dB(A) konnten hierdurch erreicht werden.



In der Fahrzeugkonstruktion werden von einigen Herstellern besondere Möglichkeiten der Psychoakustik genutzt, die sich vorteilhaft auf die Wahrnehmung der Lärmemissionen auswirken. Dabei wird nicht eine Verminderung des Lärmpegels insgesamt angestrebt, sondern eine als angenehmer empfundene (spektrale) Zusammensetzung des Geräusches. Dies gilt zunächst für das Fahrzeuginnengeräusch, kann gegebenenfalls aber auch auf die externe Schallabstrahlung angewendet werden.

**476.** Neben technischen müssen auch organisatorische Mittel eingesetzt werden. Lärminderungspläne nach § 47a BImSchG wurden in den vergangenen Jahren in beträchtlicher Anzahl aufgestellt und umgesetzt. In der Regel stößt die Verwirklichung eines Lärminderungsplanes aber auf rechtliche und vor allem auf finanzielle Probleme. Im Ost-West-Vergleich wurde in den neuen Bundesländern eine erheblich größere Zahl von Lärminderungsplänen erstellt, da dort im Rahmen des „Aufbaus Ost“ erhebliche Bundesmittel bereitgestellt wurden. Insofern besteht in den alten Bundesländern noch ein erheblicher Nachholbedarf. Soweit es um die Lärmsanierung von Straßen geht, deren Baulastträger eine Gemeinde ist, können Bundesmittel gemäß dem Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (GVFG von 1971) zur Verfügung gestellt werden, allerdings nur nach Maßgabe der Verfügbarkeit und nach dem „Windhundprinzip“. Für die Auswirkung von Maßnahmen der Verkehrsberuhigung, die im einzelnen in unterschiedliche Richtungen wirken können (lärmmindernde Senkung der Höchstgeschwindigkeit von 50 auf 30 km/h, aber auch eine lärmerhöhende Wirkung von Straßenschwellen), kann durchschnittlich eine Minderung der Lärmimmission von höchstens 3 dB(A) erzielt werden.

#### Schallimmissionen des Straßenverkehrs

**477.** Das Straßenverkehrsgesetz bildet u.a. die Grundlage für Vorschriften zum Schutz von Wohnbevölkerung und Erholungssuchenden gegen Lärm und Abgase des Kraftfahrzeugverkehrs, für Beschränkungen des Kraftfahrzeugverkehrs an Sonn- und Feiertagen, für die Beschaffenheit, Ausrüstung und Prüfung von Fahrzeugen zur Vermeidung schädlicher Umweltauswirkungen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Für den Lärmschutz sind von Bedeutung die Fahrverbotsregelungen für Lastkraftwagen an Sonn- und Feiertagen, das Verbot eines unnötigen Laufens von Motoren, des unnützen Hin- und Herfahrens in geschlossenen Ortschaften und des lauten Schließens von Fahrzeugtüren sowie die Befugnis der Behörden, den Verkehr zum Schutz der Bevölkerung vor Lärm zu beschränken oder umzuleiten und Fußgängerbereiche sowie Verkehrsberuhigte bzw. geschwindigkeitsbeschränkte Zonen einzurichten.

**478.** Mit der 16. BImSchV aus dem Jahre 1990 wurden Emissionsgrenzwerte zum Schutz der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Verkehrsgereusche festgelegt. Die Verordnung gilt nicht für bestehende Straßen oder Eisenbahnlinien, sondern nur beim Neubau oder einer wesentlichen Änderung von Straßen und Schienenwegen. Die nach dieser Verordnung einzuhaltenden Immissionsgrenzwerte (berechnete Beurtei-

lungspegel) sind nach Gebietstyp gestaffelt und nach Tag (06.00 bis 22.00 Uhr) und Nacht (22.00 bis 06.00 Uhr) unterschieden (siehe Tab. 3.5-14). Weitere Orientierungswerte für die Verkehrslärmbelastung, die insbesondere bei Neuplanungen im Städtebau Anwendung finden sollen, finden sich in der DIN 18005 „Schallschutz im Städtebau“.

Regelungen zur Lärmsanierung an bestehenden Straßen existieren aufgrund haushaltsrechtlicher Vorschriften für Straßen in der Baulast des Bundes sowie für Straßen in der Baulast eines Teils der Bundesländer. Auch hier sind die Sanierungswerte nach Tag (70 bis 75 dB(A)) und Nacht (60 bis 65 dB(A)) differenziert. Zur Beurteilung werden im allgemeinen berechnete Beurteilungspegel als Mittelungspegel entsprechend der 16. BImSchV oder der Richtlinie für den Verkehrslärmschutz an Bundesfernstraßen (RLS-90) herangezogen.

Die in Tabelle 3.5-14 dargestellten Immissionswerte werden auch als Auslöser für die Aufstellung von Lärminderungsplänen für das bestehende Straßennetz verwendet. Schließlich legt die Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung (24. BImSchV) aus dem Jahre 1998 Art und Umfang der zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Verkehrsgereusche notwendigen Schallschutzmaßnahmen für schutzbedürftige Räume in baulichen Anlagen fest, soweit durch den Bau oder eine wesentliche Änderung öffentlicher Straßen oder Schienenwege die Immissionsgrenzwerte der 16. BImSchV überschritten werden (siehe auch Verkehrslärm-Schutzrichtlinie 97).

Tabelle 3.5-14

#### Immissionsgrenzwerte nach der 16. BImSchV

Lärmvorsorge bei Neubau und wesentlicher Änderung von Straßen		
Art der zu schützenden Nutzung	Immissionsgrenzwert Tag 06.00-22.00 Uhr	Immissionsgrenzwert Nacht 22.00-06.00 Uhr
Krankenhäuser, Schulen, Kur- und Altenheime	57 dB(A)	47 dB(A)
reine und allgemeine Wohn- sowie Kleinsiedlungsgebiete	59 dB(A)	49 dB(A)
Kerngebiete, Dorf- und Mischgebiete	64 dB(A)	54 dB(A)
Gewerbegebiete	69 dB(A)	59 dB(A)

Quelle: TÜV Rheinland, 1999

#### Vergleich internationaler Regelungen

**479.** Straßenverkehrslärm ist nahezu in allen Staaten die am weitesten verbreitete Lärmquelle und damit auch Hauptursache für Belästigungen oder gesundheitliche Auswirkungen auf den Menschen. Die in Tabelle 3.5-151

Tabelle 3.5-15

**Internationaler Vergleich von Schall-Immissionswerten (in dB(A)) des Straßenverkehrs für Wohngebiete**

Land	Lärminde	Art der Immissionswerte	Tagzeit	Ruhezeit	Nachtzeit	Immissionsort (F = Fassade, FF = Freifeld- messung)
Australien	L <sub>10, 18 h</sub>	Zielwerte für neue Straßen	60		55	F
	L <sub>10, 18 h</sub>	Minderungsmaßnahmen an bestehenden Straßen	68			F
Kanada	L <sub>eq</sub>	Zielwerte für neue Straßen in Wohngebieten	55		50	–
Dänemark	L <sub>eq,24 h</sub>	Planungswerte für neue Straßen und Wohngebiete	55	55	55	FF
Deutschland	L <sub>r</sub> = L <sub>eq</sub> + K K = 0 bis 3 dB(A) an ampelgeregelten Kreuzungen	Planungsrichtwerte für neue Straßen in Wohngebieten	50 bis 55		40 bis 45	FF
		Grenzwerte für neue und für wesentlich geänderte Straßen	59		49	FF
		Grenzwerte für Minderungsmaßnahmen an Straßen in Bundesträgerschaft	70		60	FF
Frankreich	L <sub>eq</sub>	Grenzwert für neue Straßen	60 bis 65		55 bis 57	F
Großbritannien	L <sub>eq</sub>	Zielwert für neue Ansiedlungen	55		42	FF
	L <sub>eq,24 h</sub>	starke Bedenken gegen neue Ansiedlungen	63		57	FF
	L <sub>10, 18 h</sub>	Regelung für Schallsolierung an neuen Straßen	68			F
Hong Kong	L <sub>10</sub>	Planungswert für neue Straßen in Wohngebieten	70			F
Italien	L <sub>eq</sub>	Grenzwert in einigen Städten	65			–
Japan	L <sub>50</sub>	Umweltstandard für Straßen	55 bis 60	50 bis 55	45 bis 50	F
Korea	L <sub>eq</sub>	Umweltstandard	65		53	–
Niederlande	L <sub>eq</sub>	vorzuziehender Wert für neue Straßen	50 ( + 5 )	45 ( + 5 )	40 ( + 5 )	FF
		Einspruchsgrenzwert für neue örtliche Straßen	55 ( + 5 )	50 ( + 5 )	45 ( + 5 )	FF
		maximal zulässiger Pegel für neue örtliche Straßen	65 ( + 5 )	60 ( + 5 )	50 ( + 5 )	FF
		maximal zulässiger Pegel für bestehende Straßen	70 ( + 5 )	65 ( + 5 )	60 ( + 5 )	FF
Österreich	L <sub>eq</sub>	Planungswerte für neue Straßen	50 bis 55		40 bis 45	FF
		Grenzwerte für neue Straßen in Bundesträgerschaft	60		50	FF
		Minderungsmaßnahmen an Straßen in Bundesträgerschaft	65		55	FF
Schweden	L <sub>eq</sub>	Richtwert für neue Straßen	55	55	55	FF
Schweiz	L <sub>r</sub> = L <sub>eq</sub> + K K = 0 bis 5 dB(A), abhängig vom Verkehrsaufkommen	Planungswert für neue Straßen	55		45	FF
		Immissionsgrenzwert	60		50	FF
		Alarmwert	70		65	FF
Spanien	L <sub>eq</sub>	geplante Grenzwerte für neue Straßen	60		50	F
		geplante Grenzwerte für bestehende Straßen	65		55	F
USA	L <sub>DN</sub>	keine Beschränkungen für neue Wohnansiedlungen an Straßen	65	65	65	–

N.B. Für dichten Verkehr kann angenommen werden, daß der Wert für L<sub>10</sub> z.B. um etwa 3 dB(A) höher, der Wert für L<sub>50</sub> aber um 1 bis 2 dB(A) niedriger liegt als die Werte für den in Deutschland gebräuchlichen Lärminde L<sub>eq</sub>.

Quelle: GOTTLOB, 1995, nach TÜV Rheinland, 1999

für einige Staaten zusammengestellten Schallimmissionswerte für Wohngebiete als Schutz vor Straßenverkehrslärm wurden der Arbeit „Regulations for Community Noise“ (GOTTLOB, 1995) entnommen.

Wie Tabelle 3.5-15 zeigt, werden in den einzelnen Staaten durchaus unterschiedliche Lärmindizes verwendet. Wegen des engen Zusammenhangs der einzelnen Beurteilungspegel, zumindest bei stark befahrenen Straßen, ist ein Vergleich leichter möglich als z.B. beim Industrielärm. So kann für dichten Verkehr angenommen werden, daß der Wert für den Lärmindex  $L_{10}$  z.B. um etwa 3 dB(A) höher, der Wert für  $L_{50}$  aber um 1 bis 2 dB(A) niedriger liegt als die Werte für den in Deutschland gebräuchlichen Lärmindex  $L_{eq}$ .

Die Bewertung der Verkehrslärmsituation wird unter Verwendung verschiedener Bezugszeiträume vorgenommen, die von einem 24 Stunden-Zeitraum über zwei getrennte Zeitabschnitte für Tag und Nacht bis zu drei verschiedenen Abschnitten für die Tages-, Ruhe- und Nachtzeit reichen. Im allgemeinen sind die Schallimmissionswerte für die Tagzeit um 5 dB(A) höher angesetzt als für die Ruhezeit und um etwa 10 dB(A) höher als für die Nachtzeit. Die Wahl getrennter Zeiträume führt zu strengeren Regelungen für die Ruhe- bzw. Nachtzeit. In Deutschland werden z.B. die Anforderungen für Schallschutzmaßnahmen zum Schutz vor Verkehrslärm überwiegend durch die nächtliche Lärmsituation bestimmt.

Die Tabelle zeigt weiter, daß es zwischen den betrachteten Staaten beachtliche Unterschiede für die Anforderungen an den Schallschutz an Straßen gibt, und zwar sowohl bei den Planungswerten für Neuansiedlungen an Straßen als auch für neue und ausgebaute Straßensysteme, wobei die meisten Staaten Grenzwerte über 60 dB(A) festlegen. Dieser Wert liegt aber weit über den Kriterien und Kennwerten der WHO (Entwurf 1999; vgl. JANSEN et al., 1999), die schon für Belastungen über 60 dB(A) den Bereich erheblicher Belästigung erreicht sieht. Die Anwendung schärferer Lärm-Immissionswerte wird in allen Staaten durch Überlegungen sowohl zur technischen Realisierbarkeit als auch zur Finanzierbarkeit sehr stark beeinflusst. Daher ist mit der Zunahme des Verkehrs die Ausweitung „Grauer Zonen“ in nahezu allen Staaten unvermeidlich.

Für bestehende Straßensysteme werden in einzelnen Staaten Lärminderungsmaßnahmen (in der Regel Schallisolierung) dann finanziell unterstützt, wenn die Immissionswerte 65 dB(A) bis 70 dB(A) übersteigen. Lediglich in Frankreich, der Schweiz und den Niederlanden besteht eine gesetzliche Verpflichtung zur Aufstellung von Langzeitprogrammen, um die Bevölkerung vor den Belastungen des Verkehrslärms angemessen zu schützen.

### 3.5.8.2 Schienenverkehrslärm

#### Emissionssituation

**480.** Die beim Schienenverkehr emittierten Geräusche müssen unterschiedlichen Quellen zugeordnet werden. Das Rad-Schiene-Geräusch stellt bezüglich seiner Umweltrelevanz den bedeutendsten Anteil dar. Es entsteht beim Abrollen der Räder auf den Schienen und hängt stark vom Rad- und Schienenzustand sowie der Ge-

schwindigkeit des Schienenfahrzeugs ab. Es wird weiterhin durch die Gleiskonstruktion und die Geräuschabsorptionseigenschaften des Gleisoberbaus (Schotter oder feste Fahrbahn) beeinflusst.

Weitere wesentliche Geräuschanteile sind die Geräuschemissionen der Fahrzeugantriebe und Nebenaggregate, die beim Anfahren und Beschleunigen im niedrigen Geschwindigkeitsbereich überwiegen. Bei hohen Geschwindigkeiten treten zusätzlich aerodynamische Geräusche an der Zugoberfläche und an den Stromabnehmern auf. Der Einfluß auf die Geräuschemissionen für Zuggeschwindigkeiten oberhalb von 250 km/h wird durch einen Emissionszuschlag von 1 dB(A) berücksichtigt.

Auch beim Schienenverkehr steht die Entwicklung von technischen Lärminderungen in erheblichen Zielkonflikten mit der anzustrebenden größtmöglichen Sicherheit und Zeitstandfestigkeit. Zum Beispiel haben Stahlräder auf Stahlschienen einen vergleichsweise hohen Sicherheitsstandard, gleichzeitig aber auch hohe Geräuschemissionen. Räder (Radreifen) mit Gummielementen, die mechanische Kräfte aufnehmen können, verursachen ein unerwünschtes Spiel und schnelleren Verschleiß. Dies kann verhindert werden, wenn Technologien mit „Gegenschall“, also die Ausnutzung von Schallinterferenzen, zur Einsatzreife entwickelt werden könnten, wie sie in dem von der Bundesregierung geförderten Projekt „Auf dem Weg zur Minimalemission“ untersucht werden sollen. Insgesamt hofft man, als Ergebnis dieses Projekts bei neuen Schienenfahrzeugen Lärmemissionsminderungen von 10 bis 15 dB(A) – gemessen in 25 m Entfernung – erreichen zu können.

Eine deutliche Verringerung des Rad-Schiene-Geräusches kann auch durch das „besonders überwachte Gleis“ erreicht werden (Deutsche Bahn, 1997/98). Dabei werden durch regelmäßiges Schleifen der Schienenoberfläche die sogenannten Schienenriffel weitgehend beseitigt. Dies führt zu einer Verringerung der Geräuschemission gegenüber einem „guten“ Schienenzustand von 3 dB(A). Der Nachweis einer dauerhaften Emissionsminderung durch dieses Verfahren muß allerdings noch erbracht werden; die Rechtsprechung erkennt den Gleispflegebonus bisher nicht an (BVerwGE 104, 123).

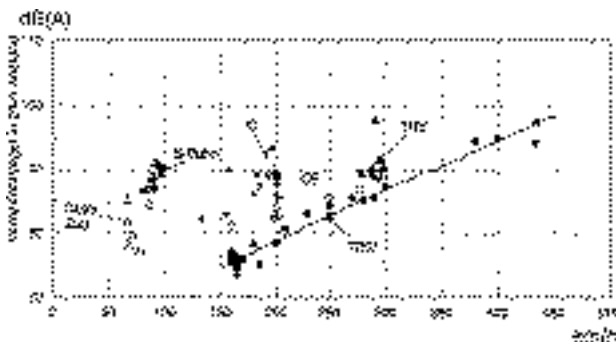
Beim Hochgeschwindigkeitsverkehr setzt die Deutsche Bahn AG als spezielle Oberbaukonstruktion die sogenannte „feste Fahrbahn“ ein. Diese führt im Vergleich zu dem üblichen Schotteroberbau zu erhöhten Schallemissionen. Eine Reduzierung der Geräuschemission kann am wirksamsten mit Hilfe einer schallabsorbierenden Gestaltung der Fahrbahnoberfläche erreicht werden (Anforderungskatalog zum Bau der Festen Fahrbahn, Deutsche Bahn AG 1995). So hat man im Bereich von Straßen- und Stadtbahnen mit Rasengleisen gute Erfahrungen gemacht; es werden Lärminderungen von 3 bis 5 dB(A) genannt. Das Langzeitverhalten der Minderungsmaßnahmen ist allerdings noch nachzuweisen.

Eine dauerhafte Minderung der Geräuschemission ist dagegen durch die in der Erprobung im Nahverkehr befindlichen Verbundstoff-Bremssohlen (statt der herkömmlichen Grauguß-Klotzbremsen) und durch Radabsorber erreichbar, die bereits heute bei Hochgeschwindigkeitszügen zum Einsatz kommen (Deutsche Bahn,

1997/98). Abbildung 3.5-4 zeigt in einer Übersicht Meßwerte für die Schallemissionen verschiedener Zugvarianten in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit. Aufgenommen sind auch Emissionswerte für die Magnetschnellbahn (Transrapid) und den französischen Hochgeschwindigkeitszug TGV (TÜV Rheinland, 1990). Aus den Meßwerten wird deutlich, daß moderne Hochgeschwindigkeitszüge mit Hilfe verschiedener technischer Maßnahmen gegenüber anderen Zugsystemen schalltechnisch bereits erheblich optimiert werden konnten. Allerdings sind weitere schalltechnische Verbesserungen erforderlich.

Abbildung 3.5-4

#### Schallemissionen verschiedener Zugsysteme



TGV = Train à Grand Vitesse; TR07 = Transrapid  
Quelle: TÜV Rheinland, 1999 und 1990

Auch im Bereich der Güterzüge, insbesondere der schnellfahrenden Güterzüge sowie der S-Bahnen sind lärmtechnische Verbesserungen dringend notwendig. Die derzeit noch eingesetzten Güterwagendrehgestelle verwenden eine vergleichsweise alte Technik. Durch schalltechnisch optimierte neue Drehgestelle können Minderungen von rund 15 dB(A) erzielt werden (bei einem maximalen Schalldruck von derzeit bis zu 95 dB(A), gemessen in 25 m Abstand). Moderne Stadtbahnfahrzeuge erreichen z.B. bei einer Geschwindigkeit von 80 km/h Lärmemissionswerte von 85 dB(A), gemessen in 7,5 m Abstand, und von 75 dB(A), gemessen in 25 m Abstand. Aber auch die im Regional- und S-Bahnverkehr eingesetzten Zugsysteme sind in der Regel mit einem veralteten Wagenpark ausgestattet, der aus Lärmschutzgründen saniert oder erneuert werden muß. Die Minderungspotentiale sind vergleichbar mit denen von alten Güterzugfahrzeugen.

**481.** Im Rahmen der Neuordnung des Eisenbahnwesens (Eisenbahnneuordnungsgesetz von 1993) wurden mit Wirkung zum 1. Januar 1996 die Zuständigkeiten für Planung, Organisation und Finanzierung des spurgebundenen öffentlichen Personennahverkehrs auf die Bundesländer übertragen (Gesetz zur Regionalisierung des öffentlichen Personennahverkehrs – Regionalisierungsgesetz – von 1993). Die Länder sind nach diesem Gesetz befugt, Verträge mit Verkehrsunternehmen zur Durchführung der Verkehrsleistungen abzuschließen. Wenn die Pläne in Richtung der Erhöhung der Frequenz und der Geschwindigkeit des Regionalverkehrs verwirklicht werden, kann ohne entgegenwirkende

Lärminderungsmaßnahmen an den eingesetzten Bahnfahrzeugen eine Erhöhung der Lärmbelastung nicht ausbleiben. Eine Verdopplung des Verkehrs bedingt bei sonst gleichbleibenden Bedingungen eine Erhöhung um 3 dB(A).

Die bereits zuvor erwähnten weitreichenden Vergabemöglichkeiten unter Wettbewerbsbedingungen zur Durchführung des schienengebundenen Regionalverkehrs an leistungsfähige Unternehmer bieten den Ländern durchaus Chancen, stufenweise den Einsatz lärmärmer Schienenfahrzeuge zu verlangen, um damit den zu erwartenden Anstieg der Lärmbelastung bei höheren Zuggeschwindigkeiten und Zugfrequenzen nicht nur zu kompensieren, sondern auf ein deutlich niedrigeres Niveau zu senken.

Im Bereich des wachsenden grenzüberschreitenden Eisenbahnverkehrs besteht erheblicher Handlungsbedarf für länderübergreifende Programme zur Reduzierung der Schallemissionen von Alt- und Neufahrzeugen. Erste internationale Maßnahmen in Zusammenarbeit zwischen einzelnen Bahngesellschaften sind eingeleitet; denn nur durch ein abgestimmtes Vorgehen der europäischen Bahngesellschaften lassen sich längerfristig Erfolge in der Lärmbekämpfung erzielen. Auch im 5. Rahmenprogramm der EU sind entsprechende Maßnahmen vorgesehen.

Der Schienenverkehr weist nach Befragungen der Bevölkerung in verschiedenen europäischen Staaten gegenüber dem Straßenverkehrslärm eine geringere Lästigkeit auf. Dies wird in den Regelwerken für den Schienenverkehr (mit Ausnahme der Rangier- und Umschlagbahnhöfe) durch den sogenannten Schienenbonus berücksichtigt. Er beträgt z.B. in Dänemark, Deutschland, Österreich und in der Schweiz 5 dB(A), in den Niederlanden 3 dB(A) und wird entweder bei der Bildung des Beurteilungspegels oder durch Inanspruchnahme höherer Immissionspegel bei der Berechnung von  $L_{eq}$  berücksichtigt. Die Ursachen für diesen Effekt sind bisher nur teilweise bekannt.

#### Immissionssituation

**482.** Die Beurteilung der Geräuschimmissionen des Schienenverkehrs entspricht im wesentlichen der Vorgehensweise beim Straßenverkehr. Für die Bundesrepublik Deutschland regelt die 16. BImSchV die Lärmvorsorge bei Neubau oder wesentlicher Änderung von Schienenwegen. Für Neuplanungen im Städtebau werden üblicherweise die Orientierungswerte für schalltechnische Anforderungen der DIN 18005 herangezogen. Tabelle 3.5-16 zeigt in einer Übersicht Regelungen für den Schienenverkehrslärm in verschiedenen Staaten. Die Bezugszeiträume variieren z.B. zwischen 24 Stunden über zwei getrennte Abschnitte für Tag und Nacht bis hin zu getrennten Abschnitten für die Tages-, Ruhe- und Nachtzeit.

Der Staatenvergleich zeigt aber auch die Notwendigkeit einer möglichst schnellen Harmonisierung der Regelungen des Schienenverkehrslärms auf. Dies gilt insbesondere bei der politisch gewollten und daher zu erwartenden Zunahme des internationalen Eisenbahnverkehrs in Europa, bei der Deutschland aufgrund seiner zentralen Lage eine besondere Bedeutung zukommt.

Tabelle 3.5-16

**Internationale Regelungen zum Schienenverkehrslärm; Immissionswerte für Wohngebiete**

Land	Lärminde	Typ des Immissionswertes	Tagzeit	Ruhezeit	Nachtzeit	Immissionsort (F = Fassade, FF = Freifeldmessung)
Australien (Queensland)	$L_{eq,24\text{ h}}$	Vorschlag für Grenzwert an neuen Strecken	70	70	70	–
	$L_{max}$	Vorschlag für Grenzwert an neuen Strecken	95	95	95	–
China	$L_{eq}$	Lärmgrenzwert in 30 m Abstand von der Strecke	70		70	–
Dänemark	$L_{eq,24\text{ h}}$	Zielwert für neue Strecken	60	60	60	FF
	$L_{max}$	Zielwert für neue Strecken	85	85	85	
	$L_{eq,24\text{ h}}$	Minderungsmaßnahmen an bestehenden Straßen	65	65	65	FF
Deutschland	$L_T =$	Planungsrichtwerte für neue Wohngebiete	50 bis 55		40 bis 45	FF
	$L_{eq} - 5\text{ dB(A)}$	Grenzwerte für neue und für wesentlich geänderte Strecken	59		49	FF
Frankreich	$L_{eq,24\text{ h}}$	Grenzwert für neue Strecken, abhängig von der Generation von Hochgeschwindigkeitszügen	60 bis 65			F
Großbritannien	$L_{eq}$	Zielwert für neue Ansiedlungen	55		42	FF
		starke Bedenken gegen neue Ansiedlungen	65		57	FF
		Regelung für Schallisolierung an neuen Strecken	68		63	F
Hong Kong	$L_{eq}$	Planungswert für neue Wohngebiete	65	65	65	–
Japan	$L_{Smax}$	Umweltstandard für Shinkansen-Supere	70	70	70	F
Korea	$L_{eq}$	Umweltstandard (Zielwerte) für neue und bestehende Strecken	65		53	–
Niederlande	$L_{eq}$	vorzuziehender Wert für neue Strecken	57 ( + 3 )	52 ( + 3 )	47 ( + 3 )	FF
		Einspruchsgrenzwert für neue Strecken	65	60	55	FF
		maximal zulässiger Pegel für neue und bestehende Strecken	70 ( + 3 )	65 ( + 3 )	60 ( + 3 )	FF
Norwegen	$L_{eq,24\text{ h}}$	Planungswert für neue Strecken	60	60	60	F
	$L_{max}$	Planungswert für neue Strecken			80	
	$L_{eq}$	Minderungsmaßnahmen an einigen bestehenden Strecken	76	76	76	F
Österreich	$L_T =$	Grenzwert für neue und für wesentlich geänderte Strecken	60 bis 65		50 bis 55	–
	$L_{eq} - 5\text{ dB(A)}$					
Schweden	$L_{eq,24\text{ h}}$	Grenzwert für neue Strecken oder neue Ansiedlungen	60	60	60	FF
		Grenzwert für existierende Strecken	75	75	75	FF
Schweiz	$L_T =$	Planungswert für neue Strecken	55		45	FF
	$L_{eq} + K$	Immissionsgrenzwert	60		50	FF
	$K = -5\text{--}1\text{ dB(A)}$ , abhängig von der Zahl der Züge	Alarmwert	70		65	FF

Angaben in dB(A)

Quelle: GOTTLOB, 1995

## 3.5.8.3 Flugverkehrslärm

## Emissionen

**483.** Der Luftverkehr ist in diesem Jahrzehnt wesentlich stärker gewachsen als der Verkehr der meisten anderen Verkehrsträger. Das Passagieraufkommen der deutschen Flughäfen stieg zwischen 1970 und 1997 von 30,4 Mio. auf 118,4 Mio. beförderte Personen. Das entspricht einem Zuwachs von jährlich 5,2 %. Im gleichen Zeitraum veränderte sich auch das Frachtaufkommen um 1,61 Mio. t (jährlich +5,7 %). Diese Entwicklung wird sich nach den neuesten Verkehrsprognosen fortsetzen (zu internationalen Prognosen s. Tab. 3.5-17). Auf diesen Trend weisen auch die Ausbaupläne der Flughäfen in aller Welt hin. Ausschlaggebend sind die Globalisierung der Wirtschaftsmärkte, die Liberalisierung der Landrechte und die starke Zunahme des Tourismus, der nach Angaben der Welt-Tourismus-Organisation jährlich um etwa vier Prozent wächst und sich bisher alle zwanzig Jahre verdoppelt hat (SRU, 1998, Tz. 998).

Der Zunahme der damit verbundenen Flugbewegungen und somit auch der Geräuschbelastung versuchte man durch die Entwicklung leiserer Triebwerke und aerodynamische Verbesserungen an den Flugzeugen entgegenzuwirken. Wie aus Abbildung 3.5-5 hervorgeht, konnten die Geräuschpegel moderner Flugzeuge gegenüber älteren, nicht zertifizierten Maschinen im Mittel bereits um 15 dB(A) abgesenkt werden.

Den Einfluß dieser technischen Lärminderung auf die Immissionsituation in der Umgebung von Flugzeug und

Tabelle 3.5-17

## Wachstumsprognosen im Luftverkehr 1998 bis 2017

	Steigerung pro Jahr [%]	Verdoppelung in Jahren
<b>Transportleistung, weltweit.....</b>	<b>+ 5 % (5,3/4,8)</b>	<b>15</b>
Europa.....	+ 4,1 %	18
Asien-Pazifik.....	+ 5,4 %	14
China.....	+ 10 %	7,5
<b>Flugbewegungen weltweit.....</b>	<b>+ 1,9 %</b>	<b>37</b>
Europa.....	+ 4,5 %	16
<b>Treibstoffverbrauch.....</b>	<b>+ 3,2 %</b>	<b>22</b>

Flugzeugflotte Welt: 12 300 auf 26 200

Flugzeuggröße, Mittel: 180 auf 230 Sitze

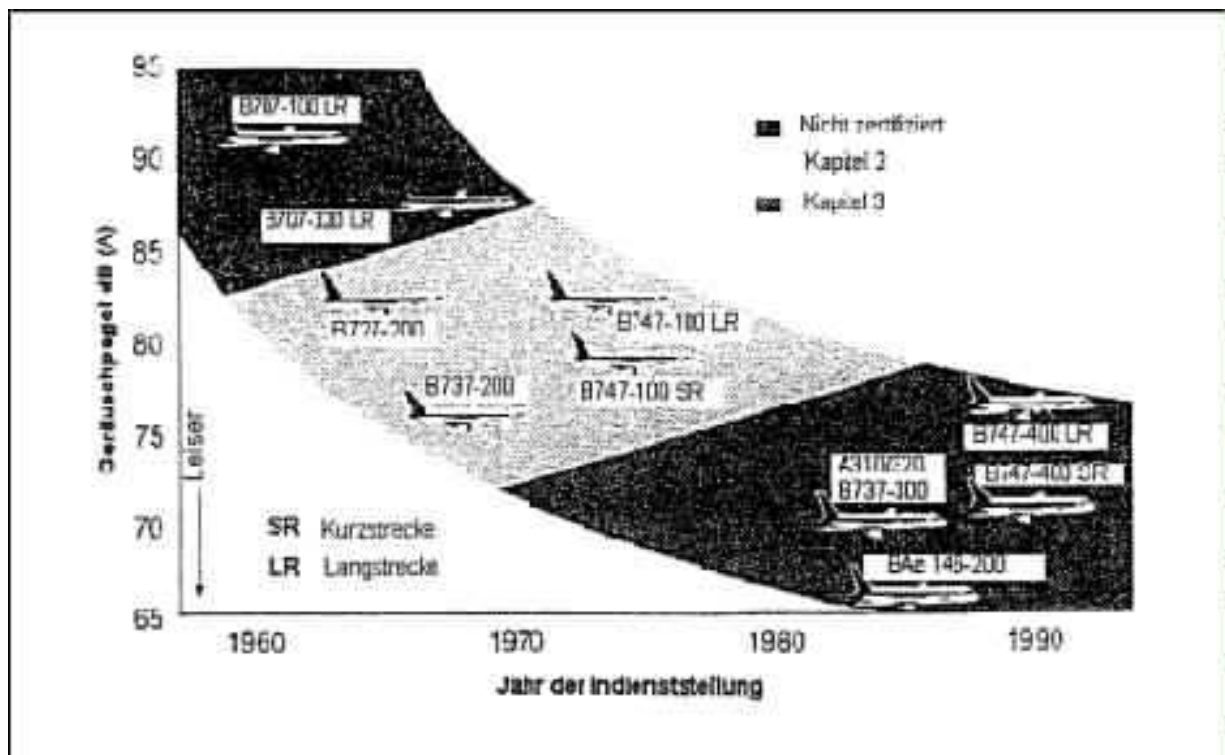
Quelle: Lufthansa AG, 1998

Flughafen zeigt beispielhaft der Vergleich der 85 dB(A)-Lärmkonturen beim Start einer B 727-200 und eines Airbus A 320 (Abb. 3.5-6a und b).

Die Lärmbelastung der Bevölkerung durch den Flugverkehr ist gekennzeichnet durch ihre Konzentration auf räumlich eng begrenzte Gebiete mit häufig hoher Bevölkerungsdichte und teilweise noch sehr hohen Geräuschemissionen der eingesetzten Flugzeuge. Mit der Liberalisierung der Landrechte verbunden ist der verstärkte Einsatz von Fluggeräten aus Staaten, die bisher aus unterschiedlichen Gründen keine Anpassung der Flugzeuge an den fortgeschrittenen Stand der Lärmschutztechnik vorgenommen haben.

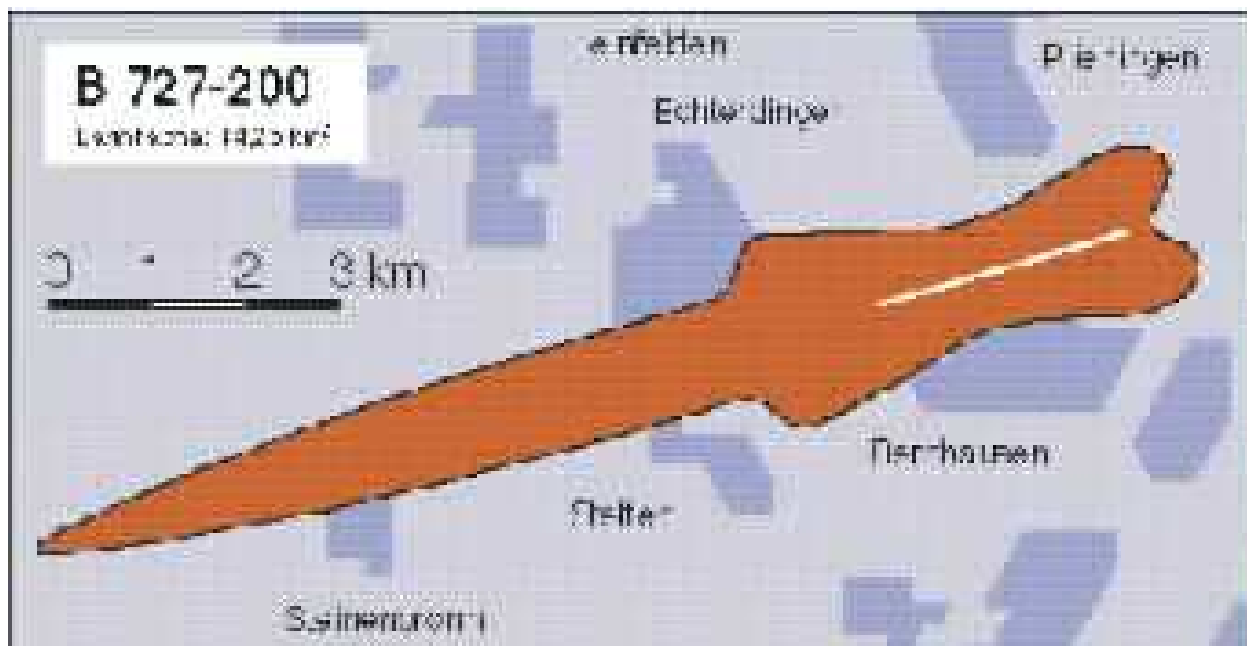
Abbildung 3.5-5

## Fortschritt in der Geräuschminderung der Flugzeugentwicklung



Quelle: BEDER, 1998

Abbildung 3.5-6a

**Fluglärm am Flughafen Stuttgart: 85 dB(A)-Lärmkontur beim Start einer B 727-200**

Quelle: GREINER, 1995

Abbildung 3.5-6b

**Fluglärm am Flughafen Stuttgart: 85 dB(A)-Lärmkontur beim Start eines Airbus A 320**

Quelle: GREINER, 1995

Die UN-Unterorganisation International Civil Aviation Organisation (ICAO) hat mit dem ANNEX 16 ein Regelwerk geschaffen, das heute weltweit für die Lärmzertifizierung von zivilen Flugzeugen Anwendung findet. Es bildet auch die Grundlage für die Betriebszulassung von Flugzeugen in Deutschland, die in den Regelwerken „Lärmschutzanforderungen für Luftfahrzeuge“ (LSL) und „Lärmschutzanforderungen für Ultraleichtflugzeuge“ (LS-UL) geregelt sind. Sie enthalten Lärmgrenzwerte für Luftfahrzeuge, Bestimmungen und Hinweise über Verfahren zur Ermittlung der Lärmpegel sowie Bestimmungen für die Zulassung und Vergabe von Lärmzeugnissen. Die bei der Zulassung ermittelten Lärmwerte werden beim Luftfahrt-Bundesamt in einer Datenbank gespeichert und zusätzlich in den Nachrichten für Luftfahrer (NfL) veröffentlicht. Somit besteht eine große Transparenz hinsichtlich der Lärmemissionen der eingesetzten Flugzeugtypen. Für Militärflugzeuge existiert bislang kein vergleichbares Prüfverfahren für Lärmemissionen.

Für die Aufstellung von Fluglärm-Immissionsprognosen nach Fluglärmgesetz (FluglärmG) enthält die „Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen“ (AzB) Geräuschemissionskennwerte sowohl für zivile als auch für militärische Flugzeuge, die im Auftrag des Umweltbundesamtes unabhängig von der Betriebszulassung ermittelt werden. Dabei sind die einzelnen Flugzeugtypen entsprechend ihrem Geräusch-Emissionsverhalten bei Start und Landung zu Gruppen zusammengefaßt. Technische Weiterentwicklungen werden durch Ergänzungen bzw. feinere Gruppeneinteilungen berücksichtigt (Ergänzung der Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen an zivilen und militärischen Flugplätzen (AZB-E) sowie Landeplatz-Fluglärmleitlinie (LPFL)).

#### *Immissionssituation*

**484.** Nach dem Fluglärmgesetz sind für Verkehrsflughäfen und militärische Flugplätze Lärmschutzbereiche auszuweisen. Der Lärmschutzbereich umfaßt das Gebiet außerhalb des eigentlichen Flugplatzgeländes, in dem der äquivalente Dauerschallpegel für die Geräuschimmissionen den Wert von 67 dB(A) übersteigt. Dieser Bereich wird je nach Lärmbelastung noch in zwei sogenannte Schutzzonen unterteilt: Die Schutzzone 1 umfaßt das Gebiet mit Lärmpegeln über 75 dB(A), die Schutzzone 2 das übrige Gebiet. Dabei erfolgt die Ermittlung des Dauerschallpegels entsprechend den Regelungen der AzB. Der Geräuschimmissionspegel ist als Mittelungspegel über den gesamten Tag (24 h) für die sechs verkehrsreichsten Monate eines Jahres festgelegt. Er weicht in seiner Definition (Äquivalenzparameter  $q = 4$ ) erheblich von dem üblicherweise für andere Verkehrsmittel in der Lärmbeurteilung angewendeten Mittelungspegel (Äquivalenzparameter  $q = 3$ ) ab und ist nur im deutschen Fluglärmgesetz eingeführt. Für Landeplätze mit nichtgewerblichem Flugverkehr sind keine Lärmschutzbereiche auszuweisen. Nach der Landeplatz-Fluglärmleitlinie (LPFL) ist als maßgebende Kenngröße der Mittelungspegel mit dem Äquivalenzparameter  $q = 3$  zur Beurteilung heranzuziehen. Im Gegensatz zur AzB werden auch Tag- und Nachtzeit getrennt behandelt.

Gemäß § 16 Fluglärmgesetz können weitergehende planungsrechtliche Vorgaben gemacht werden. In einigen Bundesländern wurde in den Raumordnungsprogrammen, Landesentwicklungsplänen oder Regionalplänen davon Gebrauch gemacht. Während das Fluglärmgesetz im wesentlichen die Grundlagen für Sanierungs- und Entschädigungspflichten enthält, wird mit den planerischen Instrumenten Lärmvorsorge im Rahmen der Siedlungsentwicklung betrieben. So können im Regionalplan Siedlungsbeschränkungszonen festgelegt werden, in denen eine Wohnbebauung bei einem Dauerschallpegel, der unter den Werten des Fluglärmgesetzes liegt, unzulässig ist. Die Werte des Fluglärmgesetzes von 1971 wurden von den Ländern überwiegend als nicht ausreichend zum Schutz der Bevölkerung von Fluglärm gehalten. Aus diesem Grund wurden 1997 vom Länderausschuß für Immissionsschutz (LAI) Leitlinien zur Beurteilung von Fluglärm an Flughäfen und Landeplätzen erarbeitet (LAI, 1997). Die Ministerkonferenz für Raumordnung empfahl im September 1998 in einer Entschließung über den „Schutz der Bevölkerung vor Fluglärm“, diese Leitlinien als Grundlage raumordnerischer Festlegungen zum Schutz der Bevölkerung anzuwenden (MKRO, 1998). Die Flughäfenlärmleitlinie sieht vor, daß als maßgebende Kenngröße der Mittelungspegel mit dem Äquivalenzparameter  $q = 3$ , und nicht  $q = 4$  wie nach dem Fluglärmgesetz, zur Beurteilung heranzuziehen ist. Darüber hinaus erfolgt die Berechnung für die unterschiedlichen Betriebsregelungen mit voller Flugbewegungszahl (sogenannte 100 %-Regelung). Diese Regelung hat den Effekt, daß im Gegensatz zum Fluglärmgesetz die Belastungen von Fluglärm für Bereiche außerhalb der Hauptstartrichtung stärker berücksichtigt werden. In der Leitlinie sind ferner weitreichende Nachtflugbeschränkungen vorgesehen. Für Flugzeuge ohne Lärmzulassung oder mit Lärmzulassung nach ICAO-Anhang 16, Kapitel 2 gilt ein generelles Nachtflugverbot. Für die anderen Flugzeuge wurden differenzierte Flugbeschränkungen in der Nacht je nach Lärmklasse und Nutzungsart der Flugzeuge erlassen. Der nationale Post- und Frachtflugverkehr soll – soweit möglich – nachts auf lärmärmere Verkehrsträger verlagert werden.

**485.** In jüngster Zeit werden im Rahmen von Planfeststellungsverfahren für Flughäfen neben dem äquivalenten Dauerschallpegel nach AzB über die Vorgaben des Fluglärmgesetzes hinaus auch Maximalpegelkriterien herangezogen, um neuere Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung (JANSEN et al., 1995; JANSEN, 1994; GRIEFAHN, 1990) bei der Beurteilung der Belastung der Bevölkerung durch Fluglärm zu berücksichtigen. Dabei wird zwischen Tag- und Nachtzeit unterschieden. Nach JANSEN et al. (1999) ist dann mit kritischen Lärmbelastungen zu rechnen, wenn an den Immissionsorten (Außenpegel an Gebäuden) am Tag mehr als 19 Überflüge mit Maximalpegeln über 99 dB(A) (Lärmgefährdungszone) bzw. in der Nacht mehr als 6 Überflüge mit Maximalpegeln über 75 dB(A) (Nachtschutzzone) stattfinden.

Ein Vergleich der Berechnungsverfahren nach AzB und Landeplatz-Fluglärmleitlinie ergibt, daß bei jährlichen Flugbewegungszahlen bis etwa 100 000 die AzB niedri-



gere Beurteilungspegel liefert und somit die Lärmbelastung unterschätzt. Andererseits überschätzt die AzB für Großflughäfen mit jährlichen Bewegungszahlen über 200 000 die Lärmbelastung geringfügig.

Umfang und Komplexität von Fluglärmrechnungsverfahren können nur mit Hilfe aufwendiger Computerprogramme bewältigt werden. Allerdings gibt es zur Zeit noch keine ausreichenden Qualitätsstandards bzw. vergleichende Ringversuche, um die zahlreichen auf dem Markt gehandelten Programmsysteme auf ein einheitliches Niveau zu kalibrieren.

Eine Überwachung der Fluglärmimmissionen erfolgt zur Zeit nur an den Flughäfen. Dabei werden stationäre oder mobile Fluglärm-Überwachungssysteme nach DIN 45643 verwendet. Ihre Aufgabe ist es, vorgeschriebene oder empfohlene Flugstrecken und Flugverfahren in der Umgebung der Flughäfen akustisch zu überprüfen, Abweichungen festzustellen und damit Möglichkeiten zur Ahndung der Nichtbefolgung durch einzelne Flugzeuge zu ermöglichen.

Ein internationaler Vergleich zwischen den zahlreichen Regelungen zum Fluglärm ist schwierig, da sich die angewendeten Verfahren und Beurteilungsgrößen beträchtlich unterscheiden. So sind zur Zeit in 16 untersuchten Staaten 11 verschiedene Lärmkenngrößen in Anwendung (GOTTLOB, 1995). Die Unterschiede beziehen sich vor allem auf die Bewertung der Ausgangsgrößen für einzelne Lärmereignisse, auf die Berücksichtigung der Überflugdauer, auf die Anzahl der Überflüge und die relative Wichtung von Maximalpegeln sowie auf die Wichtungsfaktoren für die Zeit des Auftretens von Lärmereignissen. Daher sind auch unmittelbare mathematische Umrechnungen nicht statthaft.

Allerdings erfolgt in allen untersuchten Staaten die Beurteilung des Fluglärms mit einem Lärmindex für einen 24-stündigen Zeitraum. Es ist aber fraglich, ob ein derartiges Vorgehen geeignet ist, insbesondere die Auswirkungen der Lärmbelastung während der Nachtzeit adäquat zu ermitteln, selbst wenn hohe Wichtungsfaktoren Anwendung finden. Der Umwelttrat weist daher auf diese unbefriedigende Situation hin, die insbesondere zu erheblichen Problemen bei Neubau oder wesentlichem Ausbau vorhandener Flughäfen führt. Tabelle 3.5-18 zeigt in einer Übersicht Regelungen zum Fluglärm, die in verschiedenen Staaten Anwendung finden. Zwischen den national verwendeten Lärmindizes, den Beurteilungspegeln sowie den gesetzlich festgelegten Schutzmaßnahmen bestehen ganz erhebliche Unterschiede, die auf die bestehenden Defizite in der gesundheitlichen Beurteilung von Fluglärm hinweisen.

#### 3.5.8.4 Industrie- und Gewerbelärm

##### *Emissionssituation*

**486.** Bei genehmigungsbedürftigen Anlagen sind Vorsorgemaßnahmen gegen schädliche Umwelteinwirkungen gemäß § 5 Abs. 1 Nr. 2 BImSchG vor allem am Stand der Technik auszurichten, nicht genehmigungsbedürftige Anlagen sind nach § 22 Abs. 1 Nr. 1 und 2

BImSchG so zu errichten und zu betreiben, daß nach dem Stand der Technik vermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen verhindert bzw. nach dem Stand der Technik unvermeidbare Einwirkungen auf ein Mindestmaß beschränkt werden. Der Stand der Technik wird dabei in § 3 Abs. 6 BImSchG definiert als der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, mit dem die praktische Eignung einer Maßnahme zur Begrenzung von Emissionen gesichert erscheint. Auf diese Definition nimmt die TA Lärm Bezug und definiert unter Nummer 2.5 den Stand der Technik zur Lärminderung. Eine Anpassung an die besondere Situation im Schallschutz erfolgt dadurch, daß der Stand der Technik auch Maßnahmen auf dem Ausbreitungsweg der Schallemissionen einschließt, soweit diese in engem betrieblichen und räumlichen Zusammenhang mit der Schallquelle stehen und seine Anwendung auf den Zweck der Minderung der Geräuschimmissionen beschränkt bleibt.

Seit vielen Jahren werden akustische Daten von Anlagen, von Anlagenkomponenten oder von Bauteilen zur Schalldämmung mit Hilfe von Geräuschemissionsmessungen z.B. im Rahmen von Forschungsvorhaben ermittelt. Viele dieser Daten werden seit 1994 in einer im Aufbau befindlichen Lärmdatenbank (LDB) beim Umweltbundesamt gesammelt. Damit wird ein Instrument entwickelt, mit dessen Hilfe Vergleiche zwischen Maschinen oder Anlagen unterschiedlicher Schalleistung möglich sind und der technologische Fortschritt bei der Minderung der Schallemission z.B. anhand von Geräuschkennwerten verfolgt werden kann.

Nach der 3. Verordnung zum Gerätesicherheitsgesetz sind Hersteller und Importeure technischer Arbeitsmittel verpflichtet, in den Betriebsanleitungen Angaben über die Geräuschemissionen (arbeitsplatzbezogener Emissionswert) zu machen. Überschreitet dieser den Grenzwert von 85 dB(A), so wird im Regelfall zusätzlich die Angabe des Schalleistungspegels erforderlich. Bedauerlicherweise ist die Umsetzung dieser Anforderungen noch unzureichend, so daß auch ein wichtiges wettbewerbliches Instrument zur Reduzierung der Schallemissionen nicht ausreichend genutzt werden kann.

Für verschiedene Baumaschinentypen sind Anforderungen an den Schallschutz in der EG-Richtlinie 86/662/EWG festgelegt, deren Einhaltung im Rahmen einer Baumusterprüfung durch eine zugelassene Stelle nachzuweisen ist. Eine umfassende Novellierung der Richtlinie für im Freien betriebene Geräte und Maschinen (98/20/EG) wird zur Zeit von einem Ausschuß der EU-Kommission vorbereitet.

Der Lärm von Baustellen führt häufig zu Störungen und Belästigungen der Nachbarschaft. Er kann vergleichsweise hohe Pegel erreichen und auch in ruhebedürftigen Gebieten auftreten, ist aber im allgemeinen von zeitlich begrenzter Dauer und tritt in erster Linie nur tagsüber auf. Zum Schutz vor Baulärm bestehen zahlreiche spezielle Vorschriften (Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm, Verwaltungsvorschriften für Radlader, Kompressoren, Betonpumpen, Planiertraupen, Kettenlader und Bagger sowie die Baumaschinenlärm-

Tabelle 3.5-18

**Regelungen zum Fluglärm in verschiedenen Staaten,  $L_{eq,24\text{ h}}$  berechnet nach Näherungsformeln**

Land	nationaler Lärmindex	$L_{eq, 24\text{ h}}$	Maßnahmen
Australien	< 20 20–25 > 25	< 53 53–58 > 58	keine Beschränkungen neue Wohnungen mit ausreichendem Schallschutz keine neuen Wohnungen zugelassen
Kanada	≤ 25 28–30 > 35	≤ 57 60–62 > 68	keine Beschränkungen neue Wohngebiete mit ausreichendem Schallschutz Wohnungen nicht zugelassen
China	≤ 70	≤ 54	keine Beschränkungen
Dänemark	≤ 55 > 55 < 65	≤ 51 > 51 > 61	keine Beschränkungen keine neuen Wohnungen Zuschuß zu Schallschutzmaßnahmen in der Nähe des Flughafens Kopenhagen
Deutschland	< 62 67–75 > 75	< 62 67–75 < 75	in einigen Bundesländern keine Beschränkungen neue Wohnungen nur mit erhöhtem Schallschutz: Lärmpegelreduzierung (NLR) > 40 dB(A) keine neuen Wohnungen; Zuschuß zu Schallschutzmaßnahmen an bestehenden Wohnungen: NLR > 45 dB(A)
Frankreich	< 84 84–89	< 62 62–71	keine Beschränkungen (bei einigen Flughäfen: 78 dB(A)) Schallschutzmaßnahmen an bestehenden Wohnungen
Großbritannien	≤ 57 57–66 > 66 > 69 > 72	≤ 55 55–64 > 64 > 67 > 70	keine Beschränkungen neue Wohnungen nur mit erhöhtem Schallschutz zugelassen strenge Auflagen bei neuen Wohnungen Schallschutz-Programm an den Londoner Flughäfen keine neuen Wohnungen zugelassen
Japan	< 70 > 85	< 54 > 69	keine Beschränkungen Schallschutzmaßnahmen für einen Rauminnenpegel $WEC_{PNL} \leq 65\text{ dB(A)}$
Niederlande	≤ 35 > 35 > 40 40–50 50–55	≤ 50 > 50 > 53 53–60 60–64	keine Beschränkungen im allgemeinen keine neuen Wohngebiete zugelassen im allgemeinen keine neuen Wohnungen zugelassen Zuschuß zum Schallschutz an bestehenden Wohnungen: $NLR = 30 - 35\text{ dB(A)}$ Zuschuß zum Schallschutz an bestehenden Wohnungen: $NLR = 35 - 40\text{ dB(A)}$
Neuseeland	≤ 55 55–62 > 65	≤ 55 52–62 > 62	keine Beschränkungen neue Wohnungen nur mit erhöhtem Schallschutz keine neuen Wohngebiete zugelassen
Norwegen	≤ 60 > 60 60–70	≤ 55 > 55 55–65	keine Beschränkungen keine neuen Wohnungen zugelassen Schallschutzmaßnahmen für einen Rauminnenpegel $EFN < 35\text{ dB(A)}$
Schweden	< 55	< 51	keine Beschränkungen
Schweiz	> 45 45–55	> 62 62–72	keine neuen Wohngebiete zugelassen Zuschuß zu Schallschutzmaßnahmen: Wände: > 50 dB(A), Fenster: > 35 dB(A)
USA	≤ 65 65–70 70–75 > 75	≤ 62 62–67 67–72 > 72	keine Beschränkungen Neuplanungen nicht empfohlen: $NLR > 25\text{ dB(A)}$ Neuplanungen stark abgeraten: $NLR > 30\text{ dB(A)}$ keine neuen Erschließungen zugelassen

Verordnung – 15. BImSchV). Technische Verbesserungen an den eingesetzten Maschinen und Verfahren haben bereits zu erheblichen Absenkungen der Lärmpegel geführt.

Insgesamt ist festzustellen, daß die Schallemissionssituation (Lärminderungstechnik) von Anlagen und Maschinen im Industrie- und Gewerbebereich in den vergangenen Jahrzehnten erheblich verbessert wurde, so daß in vielen Fällen bereits auf aufwendige Schallschutzmaßnahmen außerhalb der Quelle verzichtet werden konnte. Insofern besitzt der Industrie- und Gewerbelärm umweltpolitisch in Deutschland heute nicht mehr den Stellenwert früherer Jahre.

#### *Immissionssituation*

**487.** Den Schutzpflichten des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (§ 5 Abs. 1 Nr. 1, § 22 Abs. 1 Nr. 1 und 2) liegt eine Immissionsbetrachtung zugrunde, da der Begriff der schädlichen Umwelteinwirkungen immissionsbezogen ist (§ 3 Abs. 1 und 2 BImSchG), und dieser Beitrag im Hinblick auf den Gesetzeszweck relevant ist. Die novellierte TA Lärm ist am 1. November 1998 in Kraft getreten. Ihr Anwendungsbereich wurde gegenüber der TA Lärm 1968 auch auf die nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen nach Bundes-Immissionsschutzgesetz erweitert. Sie ist damit bis auf bestimmte, in der Verwaltungsvorschrift aufgeführte Ausnahmen auf die lärmtechnische Behandlung aller Industrie- und Gewerbeanlagen anzuwenden. Während in der TA Lärm von 1968 bei der Beurteilung auf die Geräuschemissionen der einzelnen Anlage abgestellt wurde, folgt die neue TA Lärm im Grundsatz einer akzeptorbezogenen Betrachtungsweise, d.h. für die Beurteilung wird maßgebend die Gesamtgeräuschemission, der ein Akzeptor ausgesetzt ist, herangezogen. Allerdings bleiben andere Geräuscharten, für die die TA Lärm nicht gilt, bei der Ermittlung der Gesamtlärmbelastung unberücksichtigt. Insofern wurde auch der Akzeptorbezug noch nicht vollständig realisiert. Ein spezifischer Ansatz, den der Länderausschuß für Immissionsschutz (LAI) in seiner Musterverwaltungsvorschrift von 1995 zur Kumulation verschiedener Geräuscharten vorgeschlagen hatte, wird von der TA Lärm 1998 nicht aufgegriffen. Darüber hinaus wird der Akzeptorbezug für genehmigungsbedürftige und nicht genehmigungsbedürftige Anlagen durch die Einführung von Relevanz- und Irrelevanzkriterien weitgehend relativiert.

Im Anhang der TA Lärm wird ein Verfahren zur Ermittlung der Geräuschemissionen und des kennzeichnenden Beurteilungspegels durch Messungen und Berechnung (Prognose) beschrieben. Dabei wird auch auf internationale Regelwerke Bezug genommen. Der in der bisherigen Genehmigungspraxis zur Beurteilung herangezogene „Mitwind-Mittelungspegel“ (günstige meteorologische Schallausbreitungsbedingungen) wird durch den „Langzeit-Mittelungspegel“ (Mittelung über viele Witterungsbedingungen, die günstig oder ungünstig für die Schallausbreitung sind) ersetzt. Dies führt insbesondere bei größeren Abständen zwischen Emittenten und Akzeptor zu einer schalltechnischen Erleichterung von etwa 2 dB(A).

Schließlich werden mit der novellierten TA Lärm nicht nur die ortsfesten Anlagen und Fahrgeräusche auf dem Betriebsgrundstück, sondern auch die der Anlage zuzurechnenden Verkehrsgeräusche auf öffentlichen Verkehrswegen in die Beurteilung aufgenommen.

Das Beurteilungsverfahren der neuen TA Lärm berücksichtigt im allgemeinen die neueren Ergebnisse der Lärmwirkungsforschung im Bereich des Arbeits- und Nachbarschaftsschutzes sowie die in der Zwischenzeit eingetretene technologische Entwicklung (VDI-Richtlinien, DIN- und ISO-Normen).

**488.** Untersuchungen von GOTTLOB (1995) über die Immissionssituation in zahlreichen Staaten zeigen, daß Industrie- und Gewerbelärm überwiegend nach dem Beurteilungspegel  $L_T$  entsprechend den Regelungen der ISO 1996 mit der Zeitbewertung „fast“ (s. Tz. 388, Kasten) behandelt wird. Bei den Zuschlägen für die Ton- und Impulshaltigkeit der Geräusche sowie bei den Beurteilungszeiträumen bestehen zwischen den einzelnen Staaten allerdings erhebliche Unterschiede. Einige Staaten unterteilen den 24 Stunden-Tag in zwei Zeiträume, um eine getrennte Beurteilung der Lärmeinwirkung auf die Tag- und Nachtzeit zu ermöglichen. Andere wiederum bevorzugen eine Dreiteilung in Tag-, Ruhe- und Nachtzeit. Die Lärmeinwirkung wird auch nicht generell über den gesamten Beurteilungszeitraum berücksichtigt, sondern zum Beispiel nur für den ungünstigsten Zeitabschnitt. Dabei variieren die Zeitabschnitte zwischen 1 bis 16 Stunden für die Tag- und zwischen 0,5 bis 12 Stunden für die Nachtzeit. In der überwiegenden Zahl der Staaten erfolgt die Lärmbeurteilung durch Vergleich des Beurteilungspegels mit Immissionsrichtwerten. Der Unterschied zwischen den Immissionsrichtwerten für die Tag- und Ruhezeit liegt im Mittel bei 5 dB(A), für die Tag- und Nachtzeit bei 10 dB(A) oder wie in Deutschland sogar bei 15 dB(A).

#### **3.5.8.5 Sport- und Freizeitlärm sowie andere Lärmbelastungen**

**489.** Die zunehmende Freizeit der Wohlstandsgesellschaft verstärkt den Wunsch nach Sport- bzw. Freizeitaktivitäten, die oftmals mit Lärm verbunden sind. Das führt bei einem gleichzeitig ansteigenden Umweltbewußtsein häufig auch zu erheblichen Interessenkonflikten. Verschärfend wirkt eine Konzentration der Lärmbeeinträchtigungen auf ruhebedürftige Zeiten. Dieser steht die besondere gesellschafts- und gesundheitspolitische Bedeutung der Sport- und Freizeitausübung gegenüber.

#### *Emissionssituation*

**490.** Gesicherte Schall-Emissionsdaten liegen für eine Reihe von Sport- und Freizeitaktivitäten vor, wie z.B. für Fußball, Hockey, Tennis, Eishockey, American Football, Skateboarden, Kartfahren, Leichtathletik, Schießen. Für weitere Sport- und Freizeitanlagen müssen im Einzelfall Geräuschmessungen im Nahbereich vergleichbarer Anlagen durchgeführt werden. Besonders schwierig gestaltet sich die Emissionsermittlung bei den verstärkt vorkommenden Musikveranstaltungen im Freien, da für

die wesentlichen Einflußgrößen wie Verstärkerleistung und Aussteuerung, Lautsprechersysteme, Musikart und Publikumsreaktionen kaum allgemeine Ansätze vorliegen. Um eine ausreichende Prognosesicherheit zu erzielen, müssen hier oftmals bereits im Vorfeld technische Maßnahmen der Emissionsbeschränkung in Form einer Pegelbegrenzung mit Kontrollmessungen während der Veranstaltung eingesetzt werden.

Mit erheblichen Schallemissionen sind auch technische Geräte verbunden, die in der Freizeit, insbesondere bei der Gartenarbeit eingesetzt werden. Abgesehen von Rasenmähern bestehen keine Grenzwerte. Laubsauger können einen Schallaustragspegel bis zu 115 dB(A) entwickeln.

#### *Immissionssituation*

**491.** Eine einheitliche Beurteilungsgrundlage für Geräuschimmissionsbelastungen von Sport- und Freizeitanlagen existiert zur Zeit nicht. Lediglich für den Sportlärm ist mit der Sportanlagenlärmenschutzverordnung – 18. BImSchV – eine eindeutige rechtliche Grundlage geschaffen worden, wenn auch gewisse Auslegungsprobleme und eine unscharfe Abgrenzung zwischen Sport- und Freizeitlärm nicht zu übersehen sind. Für den Bereich Freizeitlärm wurde 1997 auf Länderebene die Freizeitlärm-Richtlinie des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) zur allgemeinen Anwendung eingeführt. Sie lehnt sich in wesentlichen Teilen an die 18. BImSchV an, besitzt aber nicht deren Rechtscharakter. Dies kann sich bei Rechtsstreitigkeiten problematisch auswirken, da von den Gerichten das Maß der Zumutbarkeit und die spezifischen Bewertungskriterien keineswegs einheitlich bestimmt werden.

Bei Randfeldern des Sport- und Freizeitlärms wie z.B. bei Gaststätten, Biergärten oder Motorsportanlagen sind arbeitslärmspezifische Regelwerke wie die TA Lärm und die VDI-Richtlinie 2058, Blatt 1, heranzuziehen. Andere Regelungen wurden z.B. zum Schießlärm, für Modellflugplätze und Wassersportfahrzeuge entwickelt.

Anwendungsbereiche und Beurteilungsgrundlagen sind in der Tabelle 3.5-19 zusammengefaßt.

Mit der Verordnung über das Fahren mit Sportfahrzeugen auf Binnenschiffsstraßen (VSport) von 1995 soll mit Hilfe von strengen Geschwindigkeitsbegrenzungen, Nachtfahrverboten oder Fahrverboten außerhalb der Fahrrinnen auf bestimmten Binnenschiffsstraßen die Lärmbelastung reduziert werden. Die Wassermotorräder-Verordnung (VWM) von 1995 schränkt das Befahren der Binnenschiffsstraßen mit Wassermotorrädern aus Sicherheits- und Lärmschutzgründen erheblich ein.

**492.** Geräuscheinwirkungen, die durch menschliche Aktivitäten, z.B. durch Freizeitbetätigung im Wohnbereich entstehen, sind nach verhaltensbezogenen Lärmbekämpfungsvorschriften der Länder und Gemeinden zu beurteilen. Weiterhin ist § 117 OWiG heranzuziehen. Danach handelt ordnungswidrig, wer ohne berechtigten Anlaß oder in einem unzulässigen oder nach den Umständen vermeidbaren Ausmaß Lärm verursacht, der ge-

Tabelle 3.5-19

#### **Beurteilungsgrundlagen des Sport- und Freizeitlärms**

Sport- und Freizeitanlage	Beurteilungsgrundlage
Sportanlagen, die nicht genehmigungsbedürftig nach BImSchG sind	Sportanlagenlärmenschutz-Verordnung 18. BImSchV
Freizeitanlagen allgemein	Neue LAI-Freizeitlärm-Richtlinie (Anhang B der Musterverwaltungsvorschrift von 1995)
Motorsport (genehmigungsbedürftig nach BImSchG) Wassersportfahrzeuge	TA Lärm, bereichsweise örtliche und zeitliche Nutzungseinschränkungen durch Verordnungen, VSport, VWM
Schießanlagen bis Kaliber 20 mm (genehmigungsbedürftig nach BImSchG)	TA Lärm in Verbindung mit VDI 3745, Blatt 1
Modellflugplätze	Richtlinie für die Genehmigung der Anlage und des Betriebs von Flugplätzen für Flugmodelle und die Erlaubnis zum Aufstieg von Flugmodellen
Gaststätten	TA Lärm
Biergärten	TA Lärm, LAI-Freizeitlärm-Richtlinie
Motorrasenmäher	8. BImSchV, Ortssatzungen, zeitliche Nutzungseinschränkungen durch Verordnungen

Quelle: TÜV Rheinland, 1999, verändert

eignet ist, die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft erheblich zu belästigen oder die Gesundheit eines anderen zu schädigen.

Die heute angewendeten Immissionsrichtwerte für diese Aktivitäten sind in Tabelle 3.5-20 zusammengestellt.

Geräuschspitzen dürfen die Immissionsrichtwerte am Tage um nicht mehr als 30 dB(A) und in der Nacht um nicht mehr als 20 dB(A) überschreiten. Für seltene Ereignisse (nach TA Lärm und Freizeitrichtlinie an nicht mehr als 10 Tagen oder Nächten eines Kalenderjahres bzw. nach der 18. BImSchV an höchstens 18 Tagen eines Jahres) sind deutlich höhere Immissionsrichtwerte zugelassen.

Tabelle 3.5-20

**Immissionsrichtwerte für unterschiedliche  
Flächennutzungen**

Gebietsart	TA Lärm	VDI 2058, Blatt 1	Freizeit- lärm- richtlinie	18. BImSchV
	Tag/ Nacht	Tag/ Nacht	Tag: außerhalb/ innerhalb der Ruhe- zeit/Nacht	Tag: außerhalb/ innerhalb der Ruhe- zeit/Nacht
Industriegebiet	70/70	70/70	70/70/70	–
Gewerbegebiet	65/50	65/50	65/60/50	65/60/50
Dorf-/Kern-/ Mischgebiet	60/45	60/45	60/55/45	60/55/45
allgemeines Wohngebiet und Kleinsiedlungs- gebiet	55/40	55/40	55/50/40	55/50/40
reines Wohn- gebiet	50/35	50/35	50/45/35	50/45/35
Kurgebiet, für Krankenhäuser und Pflege- anstalten	45/35	45/35	45/45/35	45/45/35

Quelle: TÜV Rheinland, 1999

### 3.5.9 Handlungsoptionen für eine zukünftige Lärmschutzpolitik

#### 3.5.9.1 Umweltqualitäts- und Umwelthandlungsziele für den Schutz gegen Lärm

**493.** Der Entwurf eines Umweltpolitischen Schwerpunktprogramms des Bundesumweltministeriums vom April 1998 enthält ein Programm für den Schutz gegen Lärm, in dem als Umweltqualitätsziel die Verminderung der umweltbedingten Lärmbelastungen auf gesundheitlich unbedenkliche Werte und als Umwelthandlungsziel eine Absenkung der Lärmbelastungen dauerhaft auf Werte von 65 dB(A) oder weniger angegeben sind (BMU, 1998). Nach Vorschlägen des Umweltbundesamtes sollten zur Vermeidung erheblicher Belästigungen die Pegel in Wohngebieten tags höchstens 59 dB(A) und nachts höchstens 49 dB(A) betragen (UBA, 1995). Die Entwicklung der Belastungs- und Belästigungssituation verdeutlicht, daß diese Ziele angesichts immer noch wachsender Verkehrsleistungen eine große Herausforderung an die Lärminderung darstellen.

Der Umweltrat hält die konzeptionelle Vorgehensweise dieser Programme für umweltpolitisch sinnvoll und fordert eine Fortentwicklung der vorhandenen Ansätze zu einem anspruchsvollen Langzeitprogramm für den Schutz gegen Lärm. Wie bereits in Abschnitt 3.5.7 dargestellt, kann das im oben genannten Programmentwurf vorgeschlagene Umwelthandlungsziel von 65 dB(A) bei Tag nur ein Nahziel für den vorbeugenden Gesundheits-

schutz und den Schutz gegen erhebliche Belästigungen darstellen. Es muß durch mittelfristige Ziele – 62 dB(A) als Präventionswert und 55 dB(A) als Vorsorgezielwert – ergänzt werden. Für die Nachtzeit sind kurzfristig ein Wert von 55 dB(A), mittelfristig ein Wert von 52 dB(A) und langfristig ein Vorsorgezielwert von 45 dB(A) anzustreben. In besonders schutzbedürftigen Gebieten, wie etwa im Umfeld von Krankenhäusern und Sanatorien und gegebenenfalls auch in reinen Wohngebieten, sollte ein Vorsorgezielwert 35 bis 40 dB(A) angestrebt werden. Dieses entspricht im wesentlichen den Regelungen der DIN 18005 und der TA Lärm. Zudem ist zu prüfen, ob die daneben anwendbaren Maximalpegel weiter abgesenkt werden müssen. Dabei ist die Staffelung des Schutzanspruches nach dem Nutzungscharakter der Einwirkungsbereiche dahin zu modifizieren, daß auch in Misch- und Kerngebieten jedenfalls bei Nacht ein anspruchsvoller Lärmschutz gewährleistet wird. Über die Bauleitplanung behalten die Kommunen auch nach den Vorschlägen des Umweltrates noch erheblichen Einfluß auf die Anforderungen des Immissionsschutzes.

Diese anspruchsvollen Handlungsziele können nur durch ein Bündel von Maßnahmen der Verkehrsvermeidung, Maßnahmen an der Quelle, planerische Maßnahmen und Maßnahmen der Sanierung erreicht werden (dazu Tz. 477 f.). Im Hinblick auf die finanziellen Konsequenzen ist insbesondere bei der Sanierung eine Vorgehensweise nach Prioritäten sinnvoll, die ein planerisches Vorgehen bedingt. Der Umweltrat schlägt daher vor, die vorhandenen Ansätze der planmäßigen Lärmsanierung auf eine breitere Grundlage zu stellen (Tz. 478).

#### 3.5.9.2 Vorbeugender Schutz gegen Gesundheitsgefährdungen, Schutz gegen erhebliche Belästigungen und Risikoversorge

**494.** Nach dem System des Immissionsschutzrechts schließt die nach dem Gesetz gebotene Gefahrenabwehr – u.a. Abwehr von Gefahren für die menschliche Gesundheit – auch den Schutz gegen erhebliche Belästigungen ein (§§ 1, 3 Abs. 1, 5 Abs. 1 Nr. 1, 22 Abs. 1 Nr. 1, 2 BImSchG). Auch das Luftverkehrsgesetz dient neben der Gefahrenabwehr der Vermeidung erheblicher Belästigungen („Nachteile“ i.S. von § 9 Abs. 2 LuftVG). Eine trennscharfe Abgrenzung von Gesundheitsgefahr und erheblicher Belästigung ist nicht möglich; insbesondere können dauerhafte erhebliche Belästigungen durchaus bereits im Bereich der Gesundheitsgefährdung liegen (vgl. oben Tz. 405). Gleichwohl ist aus rechtlicher Sicht eine Abgrenzung erforderlich, weil sich beide Schutzkategorien in der Intensität des staatlichen Schutzes unterscheiden. Gesundheitsgefahren lösen die staatliche Pflicht zur vorbeugenden Gefahrenabwehr aus (BVerwGE 71, 150, 155; 101, 1, 10); Verhältnismäßigkeitserwägungen spielen nur bei der Frage eine Rolle, wie der erforderliche Schutz gewährleistet wird. Insbesondere kann der Schutz gegen Gesundheitsgefahren nicht durch Duldungsgrenzen relativiert werden, die aus der Vorbelastung und der Gebietsqualität hergeleitet werden. Dies gilt entgegen einer gegenteiligen Tendenz in der Rechtsprechung, die Gefahren und Nachteile als

nachteilige Wirkungen zusammenfaßt (vgl. BVerwGE 56, 110, 137; BVerwG, NVwZ-RR 1991, 129, 132), auch für den Fluglärm (HERMANN, 1994, S. 181 ff., 302 ff.). Dagegen sind nach dem von der Rechtsprechung entwickelten Begriffsverständnis – Maßstab eines verständigen Durchschnittsbürgers – die Zumutbarkeitsgrenzen für Belästigungen je nach der Gebietsqualität, Vorbelastung und anderen räumlichen Faktoren, wie Bedeutung der Anlage für die Allgemeinheit, unterschiedlich (BVerwGE 51, 15, 29 ff.; 71, 150, 154; 74, 234, 235 ff.; 79, 254, 261; 84, 31, 39 f.; 87, 332, 356 f.; 107, 350, 356 f.); es erfolgt keine generelle Rücksichtnahme auf die Lärmempfindlichkeit besonderer Gruppen; vielmehr vermittelt das geltende Recht einen Schutz vulnerabler Gruppen wie Kindern und Kranken durch den Schutz besonders empfindlicher gebietstypischer Nutzungen.

Demgegenüber bleibt der Stellenwert der Vorsorge gegen Lärm bisher undeutlich. Nach der im Lärmschutz gängigen Terminologie unterscheidet man zwischen Lärmvorsorge und Lärmsanierung. Lärmvorsorge ist vorbeugender Schutz gegen Gefahren und erhebliche Belästigungen mit den Mitteln der Planung (STRICK, 1998, S. 13). Die Begriffsbestimmung knüpft damit an die Mittel staatlicher Politik, nicht an das angestrebte Schutzniveau an. Der Umweltrat versteht Lärmvorsorge dagegen entsprechend dem allgemeinen Sprachgebrauch im Umweltrecht als Reduzierung von Risiken unterhalb der Schwelle der Gesundheitsgefahr und erheblichen Belästigung (so auch BVerwGE 87, 332, 375; 107, 313, 325; BVerwG, NVwZ-RR 1991, 129, 132).

Es gibt bisher kein geschlossenes legislatives Konzept, wonach im Vorfeld von Gesundheitsgefährdung und erheblicher Belästigung die Belastungen im Wege der Lärmvorsorge zu mindern sind.

Die für sämtliche Industrie- und Infrastrukturanlagen geltende Regelung des § 50 BImSchG dient vor allem der Vorsorge durch Standortfestlegung. Die Regelung wird von der Rechtsprechung zwar als Optimierungsgebot verstanden (vgl. BVerwGE 71, 163, 165; BVerwG, NVwZ 1989, 152), zugleich bedeutet dies aber, daß der Lärmschutz in der Abwägung relativ leicht überspielt werden kann. Beim Lärm von Industrieanlagen ist nach dem Gesetz Lärmvorsorge geboten (§ 5 Abs. 1 Nr. 2 BImSchG); nach Maßgabe einer Verordnung gilt dies auch bei nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen (§§ 22 Abs. 1, 23 Abs. 1 BImSchG) sowie bei Produktregelungen (§§ 34, 35, 38 BImSchG). In der Praxis spielt die anlagenbezogene Vorsorge mangels Emissionswerten nur eine eher untergeordnete Rolle. Die Anforderungen des Lärmschutzes bei der Planung neuer Straßen und Schienenwege und der wesentlichen Änderung solcher Verkehrsanlagen (§§ 41, 43 BImSchG) durch bauliche Maßnahmen der Lärmminde rung (aktiver Schallschutz) und Maßnahmen an Gebäuden (passiver Schallschutz) beschränken sich auf den Schutz gegen Gesundheitsgefährdungen und erhebliche Belästigungen. Entsprechendes gilt grundsätzlich auch für den Betrieb von Luftverkehrsanlagen, wenngleich im Rahmen des Abwägungsgebots gegebenenfalls auf eine weitergehende Lärmminde rung hinzuwirken ist (BVerwGE 56, 110, 122; 75, 214, 232 f.; 87, 332, 342; 107, 319, 330, 332 f.;

BVerwG, NVwZ-RR 1991, 118, 125). Dagegen besitzt die Lärmvorsorge einen besonderen Stellenwert im Recht der allgemeinen räumlichen Planung, insbesondere der Bauleitplanung (§ 1 Abs. 5 Nr. 1, Abs. 6, § 1a Abs. 2 Nr. 1 BauGB); dies kommt in den Planungswerten der DIN 18005 zum Ausdruck.

**495.** Der Umweltrat weist darauf hin, daß ein anspruchsvoller Schutz gegen erhebliche Belästigungen zugleich der Vorsorge gegen Gesundheitsrisiken durch Lärm dient. Insoweit überschneiden sich beide Konzepte. Gleichwohl erscheint eine Verstärkung des Vorsorgeelements der Politik gegen Lärm geboten, weil der Schutz gegen erhebliche Belästigungen nach Maßgabe der Vorbelastung, der Gebietsqualität und der Bedeutung der Anlage relativiert ist; die Erkenntnisse der modernen Lärmwirkungsforschung belegen, daß insbesondere lang andauernde Lärmbelästigungen zu Streßreaktionen führen, die langfristig gesundheitliche Beeinträchtigungen zur Folge haben können. Deshalb ist eine immissionsbezogene Vorsorge zur Erreichung eines niedrigen Belastungsniveaus erforderlich. Eine strenge Lärmschutzpolitik entspricht den individuellen Präferenzen der Bürger; diese kommen sowohl in Meinungsumfragen als auch in der monetären Bewertung des Lärms auf dem Markt zum Ausdruck, wie sie sich in den Grundstückspreisen widerspiegelt.

Es ist denkbar, den Schutz gegen Lärm durch eine gesetzliche Regelung zu verstärken, wonach bei der Errichtung neuer Straßen und Schienenwege und der wesentlichen Änderung solcher Verkehrsanlagen eine über den Schutz gegen unzumutbaren Lärm hinausgehende Lärmvorsorge zwingend geboten ist. Entsprechend könnten die gesetzlichen Regelungen über die Planung von Luftverkehrsanlagen geändert werden. Allerdings würde zwingende Lärmvorsorge die planerische Gestaltungsfreiheit erheblich einengen und die staatliche Verpflichtung zur Finanzierung von Schallschutzmaßnahmen oder zur Entschädigung stark ausweiten. Zu bedenken ist ferner, daß Lärmvorsorge gegen Gesundheitsrisiken teilweise bereits durch die Abwehr erheblicher Belästigungen erfolgt. Aus diesem Grunde bedarf eine Vermeidung von Lärm im Vorfeld des Schutzes gegen unzumutbaren Lärm einer Abwägung. Der Umweltrat gibt daher einer Lösung den Vorzug, die zum einen das Optimierungsgebot des § 50 BImSchG durch vorsorgebezogene Immissionswerte konkretisiert, deren Erreichen bei den maßgeblichen Standortentscheidungen möglichst anzustreben ist; zum anderen sind auch für planerische Entscheidungen über neue oder wesentlich geänderte Verkehrswege und Flughäfen bei gegebenem Standort, insbesondere für den aktiven Schallschutz, neben zwingenden Schutzwerten Vorsorgewerte als Leitwerte festzulegen, deren Erreichung durch bauliche und verkehrs- oder betriebsregelnde Maßnahmen möglichst angestrebt werden soll. Hierzu sind Gesetzeskorrekturen erforderlich. Die Ermächtigung zur Aufstellung von Vorsorgewerten sollte dabei als zeitlich befristeter Regelungsauftrag ausgestaltet werden.

Bei genehmigungs- und nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz ist darüber hinaus eine Weiterentwicklung der TA Lärm

(Ziff. 3.3) dahingehend zu empfehlen, daß für lärmintensive Anlagenkategorien Emissionswerte zur anlagebezogenen Vorsorge aufgestellt werden.

### 3.5.9.3 Bewertung von Lärm

**496.** Der äquivalente Dauerschallpegel ist als Leitgröße der Geräuschbeurteilung auf einen bestimmten Beurteilungszeitraum zu beziehen. Das Schutzbedürfnis der Bevölkerung ist im allgemeinen zu den verschiedenen Tageszeiten stark unterschiedlich. Daher scheint ein 24 Stunden-Beurteilungspegel zwar praktikabel, aber, selbst wenn Teilzeiträume nach dem jeweiligen Schutzbedürfnis mit Korrekturen versehen werden, für eine Geräuschbeurteilung kaum geeignet zu sein (BECKENBAUER und SCHREIBER, 1998). Andererseits ist eine zu feine Unterteilung der Beurteilungszeiträume (z.B. eine Stunde oder weniger) für die Praxis zu aufwendig.

Einen Ansatz zwischen diesen Extremen verwendet die neue TA Lärm, die als Beurteilungszeiträume die Zeit am Tage, Zeiten erhöhter Empfindlichkeit, die Nachtzeit sowie die ungünstigste Stunde innerhalb der Nachtzeit festlegt. Bei diesem Verfahren wird für Tageszeiten mit erhöhter Empfindlichkeit, den sogenannten Ruhezeiten, anstatt diesen einen eigenen Richtwert zuzuordnen zwar ein Zuschlag von 6 dB(A) eingerechnet, dieser aber in die Tageszeitbeurteilung integriert, so daß dem Schutzbedürfnis in den Ruhezeiten damit nur unzureichend Rechnung getragen wird.

Es erscheint daher nur konsequent, für die Gesamtbeurteilung ein geeigneteres bzw. ausgewogeneres Beurteilungssystem zu entwickeln. So macht zum Beispiel der TÜV Rheinland (1999) den Vorschlag, die Zeiten erhöhter Empfindlichkeit in die Nachtzeit auszudehnen und eine verkürzte Kernnachtzeit mit höheren Anforderungen festzulegen. Denkbar wäre folgendes Zeitschema: Tageszeit 7 Uhr bis 20 Uhr, Ruhezeiten 5 Uhr bis 7 Uhr und 20 Uhr bis 24 Uhr, Kernnachtzeit 0 Uhr bis 5 Uhr. Derartige Kernzeiten werden bereits bei der Fluglärmbeurteilung diskutiert und auch angewendet. Eine Dreiteilung nach diesem Vorschlag ist an den üblichen Lebensrhythmus des Menschen mit Arbeit, Freizeit und Schlaf angepaßt. Zahlreiche Probleme durch Anwendung des Kriteriums der sogenannten ungünstigsten Stunde gerade in der ersten und letzten Nachtstunde (s. auch BVerwG, NVwZ 1999, 651 zur Bayrischen Biergartenverordnung) könnten mit Hilfe einer derartigen Neuregelung angemessen gelöst werden. Ein derartiges Zeitschema entspricht auch besser dem Tagesgang des Verkehrslärms als dominierender Geräuschquelle und damit angenähert auch dem Zeitverhalten des Gesamtgeräusches.

Eine solche Regelung könnte als eine Aufweichung des geltenden nächtlichen – aber realistischerweise in absehbarer Zeit nicht durchsetzbaren – Lärmschutzes außerhalb der vorgeschlagenen Kernzeiten erscheinen. Der Umweltrat sieht jedoch in einer derartigen Regelung die Möglichkeit eines tatsächlich vollziehbaren Schutzes der Nachtruhe.

In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, daß bei Übertragung des TA Lärm-Beurteilungsverfahrens für die Nachtzeit (ungünstigste Stunde) auf andere

Geräuscharten, zum Beispiel auf den Bereich des Verkehrslärms, bei der derzeitigen Schallemissionssituation des Verkehrs kaum lösbare Probleme entstehen würden. Aus diesem Grund müßte bei der Anwendung eines auf die Kernnachtzeit verkürzten Nachtzeitraumes für alle Geräuscharten auf das Beurteilungskriterium „ungünstigste Stunde“ verzichtet werden.

**497.** Dreißig Jahre sektoral orientierter nationaler und internationaler Lärmschutzpolitik sind geprägt durch ein großes Spektrum unterschiedlicher Meß- und Beurteilungsverfahren für den Außenlärm. Eine Vergleichbarkeit ist kaum gegeben. Ein erster Schritt zur Herstellung der Vergleichbarkeit und damit notwendige Bedingung für eine Gesamtbewertung ist die Entwicklung eines gemeinsamen Verfahrens für die Geräuschbeurteilung, dessen Anwendung möglichst einfach und praktikabel ist. Als zweiter Schritt sind einheitliche Kennwerte für alle Geräuscharten zu entwickeln, wobei unterschiedliche Störgrößen durch geeignete Zuschläge Berücksichtigung finden können. Die Ermittlung der Zuschläge sollte aber für alle Geräuscharten möglichst nach einheitlichen Verfahren vorgenommen werden. Der Umweltrat schlägt daher vor, als Leitgröße einheitlich für alle Geräuscharten den (energie-)äquivalenten Dauerschallpegel  $L_{eq}$  mit dem Äquivalentparameter  $q = 3$ , der Frequenzbewertung A sowie der Zeitbewertung „fast“ zu verwenden (s. Kasten in Tz. 388). Andere Zeit- und Frequenzbewertungen können allenfalls noch zur Ermittlung wirkungsbezogener Korrekturgrößen Verwendung finden. Schließlich müssen für die Beurteilungszeiträume Spitzenpegelkriterien und gegebenenfalls eine Begrenzung der Häufigkeit des Auftretens von Maximalpegeln festgelegt werden. Allerdings sind vor Übertragung der Vorgehensweise auf den Straßen- und Schienenverkehrslärm noch grundlegende wissenschaftliche Untersuchungen erforderlich.

Zur Ermittlung und Bewertung von Fluglärm ist nach Auffassung des Umweltrates zumindest ein EU-einheitliches Berechnungs- und Bewertungsverfahren unter Ersatz des nur im deutschen Fluglärmgesetz enthaltenen Äquivalenzparameters  $q = 4$  anzustreben. Als Grundlage der – zumindest EU-einheitlichen – Ermittlung und Bewertung von Fluglärm kann das Dokument 29 der European Civil Aviation Conference (ECAC 29) dienen. Dabei sollte als Kenngröße entsprechend den Festlegungen bei anderen Geräuscharten einheitlich der energieäquivalente Mittelungspegel (Äquivalenzparameter  $q = 3$ ) eingeführt werden. Die Bewertung ist getrennt für die Beurteilungszeiträume vorzunehmen. Neben dem Mittelungspegel sind auch die Häufigkeit und die Stärke von Fluglärmereignissen (Maximalpegel) zu berücksichtigen. Als zusätzliches Beurteilungskriterium sind die täglich jeweils zehn höchsten Maximalpegel einzubeziehen (BT-Drs. 13/6346). Die zu entwickelnden Bewertungskriterien sind in Stufen an die neueren Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung anzupassen.

Auch Regionalflughäfen, Landeplätze, militärische Tiefflug- sowie andere Übungsgebiete sind in das einheitliche Ermittlungs- und Bewertungsverfahren zu integrieren, um zu einer einheitlichen Bewertung des Fluglärms zu kommen.

#### 3.5.9.4 Technische Maßnahmen zum Schutz gegen Lärm

**498.** Die Analyse der gegenwärtigen Situation der Lärmbelastung macht deutlich, daß trotz offensichtlich großer Erfolge im Lärmschutz weiterhin Schwerpunktbereiche bestehen, die in der Zukunft weiterer technischer Verbesserungen bedürfen, um die gesundheitlichen Auswirkungen für die betroffene Bevölkerung zu reduzieren. Die Gründe dafür liegen sowohl in der ständigen Zunahme der Verkehrsaktivitäten als auch in den neueren Erkenntnissen der Lärmwirkungsforschung. Im Umweltpolitischen Schwerpunktprogramm wird ein Katalog von Maßnahmen zur Verminderung der Geräuschbelastung durch den Straßenverkehr, den Schienenverkehr, den Flugverkehr sowie Industrie, Baustellen und Geräte aufgestellt (BMU, 1998).

Der Umweltrat geht bei seinen Vorschlägen von der Prämisse aus, daß der Entwicklung von primären Lärmminderungsmaßnahmen, d. h. der Schallminderung an der Quelle, höchste Priorität zukommt, da diese überall wirken, während andere Lärmschutzmaßnahmen, d. h. Maßnahmen auf dem Wege von der Quelle zum Wirkungsort, nur lokal wirksam sind.

#### Straßenverkehrslärm

**499.** Die Umweltministerkonferenz (UMK) hat in ihrem Grünbuch 1998 bereits einen umfangreichen Katalog von u. a. technischen Maßnahmen vorgelegt, die geeignet sind, die Belastung der Bevölkerung durch den Straßenverkehrslärm zu reduzieren. Dazu gehören z. B. strengere Emissionsvorschriften mit Geräuschgrenzwerten für einzelne Schallquellen, Betriebsvorschriften für den Kraftfahrzeugverkehr mit zeitlichen und örtlichen Betriebsbeschränkungen, Infrastrukturmaßnahmen zur Lärmbekämpfung an den Quellen und auf dem Ausbreitungsweg, Verstärkung und Bündelung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben für lärmarme Produkte, Technologien und Verfahren sowie die Durchführung von Informations- und Schulungsmaßnahmen zur Förderung der Akzeptanz und Einhaltung von Lärmschutzvorschriften bzw. für Verhaltensänderungen der Verkehrsteilnehmer.

Aus dem Bündel dieser technischen Maßnahmen greift der Umweltrat diejenigen heraus, die nach seiner Auffassung vorrangig entwickelt und umgesetzt werden sollten, um die wirkungsseitig formulierten Forderungen nach einer weiteren Absenkung der Lärmbelastung durch den Straßenverkehr (s. Abschn. 3.5.8.1) in einem angemessenen Zeitraum realisieren zu können. Angesichts des wachsenden Verkehrs reichen die bisher erreichten Erfolge nicht aus. Vielmehr bedarf es weiterhin großer Anstrengungen, die spezifischen Lärmemissionen weiter zu senken. Dabei ist freilich zu beachten, daß für Maßnahmen am Fahrzeug das EU-Recht regelmäßig Vorrang besitzt.

Nach Ansicht vieler Fachleute entspricht das zur Zeit angewendete Meßverfahren zur Ermittlung des von beschleunigten Straßenfahrzeugen abgestrahlten Geräusches (DIN ISO 362) nicht mehr den heutigen Anforderungen hinsichtlich Repräsentativität der Meßbedingun-

gen für den praktischen Betrieb, der Reproduzierbarkeit der Ergebnisse und einer den neueren Erkenntnissen angepaßten Meßdurchführung. Aus diesem Grunde wird zur Zeit im Rahmen von Forschungsvorhaben untersucht und diskutiert, wie das Meßverfahren diesen Anforderungen entsprechend zu verändern ist. Der Umweltrat unterstützt diese Bemühungen und fordert einen möglichst zügigen Abschluß der Arbeiten, um die notwendigen und sehr zeitaufwendigen internationalen Diskussions- und Abstimmungsverfahren zur Veränderung des Meßverfahrens in einem überschaubaren Zeitraum zum Abschluß zu bringen.

Auf der Grundlage eines modifizierten Meßverfahrens sind die Grenzwerte für das Fahrgeräusch (zusammengesetzt aus Antriebsgeräusch, Auspuffgeräusch, Rollgeräusch) von Kraftfahrzeugen stufenweise weiter zu verschärfen. Insgesamt scheint je nach Zeithorizont eine Absenkung der Lärmemission von Kraftfahrzeugen (Pkw und Lkw) in Höhe von 5 bis 10 dB(A) realistisch. Diese Verschärfung ist im Rahmen der EU durchzusetzen. Die Forderung ist für alle Kraftfahrzeuge (Pkw, Lkw, Busse und Krafträder) zu stellen und sollte auf der Grundlage der Ergebnisse von Forschungsvorhaben zur Ermittlung des Lärmminderungspotentials erfolgen (UBA, 1997). Für den Lkw-Bereich sind dabei höhere Absenkungspotentiale zu realisieren als im Pkw-Bereich. Die Grenzwertabsenkung ist auch deshalb erforderlich, weil das Antriebsgeräusch der Fahrzeuge die dominierende Schallquelle im niedrigen Geschwindigkeitsbereich bildet und auf Innerortsstraßen insbesondere beim Anfahren zu erheblichen Lärmbelastungen der Straßenanwohner führt.

Bei weiter reduzierten Antriebsgeräuschen wird im Geschwindigkeitsbereich ab 50 km/h aufwärts das Abrollgeräusch der Reifen zur dominierenden Geräuschquelle der Kraftfahrzeuge. Während bei der Reifenentwicklung bislang sicherheitstechnische und fahrverhaltensbestimmende Aspekte im Vordergrund standen, muß daher in Zukunft auch der Reifenlärmverminderung eine besondere Bedeutung zukommen. Dabei gilt es, ein Optimum zwischen den unterschiedlichen Anforderungen zu erreichen. Der Umweltrat hält die Zielsetzung der Jury Umweltzeichen zur Absenkung des Abrollgeräusches um 5 dB(A) durch technische Verbesserungen der Reifen für realistisch, hält aber gleichzeitig auch eine Intensivierung der Forschung auf diesem Sektor für notwendig, um weitere Absenkungspotentiale für den Reifenlärm zu erschließen.

Mit der Einführung einer Lärmkennzeichnungspflicht für Reifen kann das Kaufverhalten der Autofahrer positiv beeinflusst und somit das Marktverhalten im Sinne des Umweltschutzes unter wettbewerblichen Bedingungen verbessert werden. Der Kauf sowohl lärmarmer Fahrzeuge als auch lärmreduzierter Reifen kann durch steuerliche Vergünstigungen zumindest in einer befristeten Einführungsphase unterstützt werden, wie dies zur Zeit für die Ausstattung von Kraftfahrzeugen mit fortgeschrittener Abgas-Katalysatortechnik üblich ist.

Parallel zur Entwicklung lärmarmer Reifen ist es nach Auffassung des Umweltrates erforderlich, die Erkenntnisse über den Bau lärmmindernder Fahrbahnen stärker



als bisher in den Ausbau des Bundesfernstraßennetzes einzubringen. Mit Vorrang sollte so das Schnellstraßennetz in den Ballungsgebieten bei Ausbau bzw. Sanierung mit lärm mindernden Fahrbahnen ausgestattet werden.

Zur Sicherung der Langzeitstabilität von Schallminderungsmaßnahmen an den Kraftfahrzeugen können die in der Richtlinie 96/96/EG den Mitgliedstaaten eingeräumten Möglichkeiten für die Aufnahme einer Lärmprüfpflicht in die regelmäßige Überwachung von Kraftfahrzeugen genutzt werden.

### Schienenverkehrslärm

**500.** Wegen der zunehmenden europäischen Verflechtung des Schienenverkehrs kann eine nachhaltige Verbesserung der Geräuschsituation nur im Rahmen eines gesamteuropäischen Verkehrskonzeptes erreicht werden. Nur durch ein abgestimmtes Vorgehen der europäischen Bahngesellschaften lassen sich längerfristig merkliche Erfolge erzielen. Daher sind alle Maßnahmen zu unterstützen, die eine internationale Zusammenarbeit fördern, um durch eine Bündelung der Aktivitäten im Bereich Forschung und industrieller Anwendung eine gezielte Innovation und gemeinsame Nutzung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse sicherzustellen.

Dazu sind die im Rahmen des internationalen „Low-Noise-Train“-Projektes der Deutschen Bahn AG mit der Italienischen Staatsbahn, der Österreichischen Bundesbahn und den Schweizerischen Bundesbahnen beschlossenen Entwicklungskonzepte für den Neubau von leisen Güterzügen bis zur Serienreife von besonderer Bedeutung. Auch die Gemeinschaft der Europäischen Bahnen (GEB) hat ein Entwicklungs- und Umrüstungsprogramm zur Emissionsminderung beschlossen. Bei diesem Mehrstufenprogramm sollen sukzessive leisere Bremsen, lärmtechnisch optimierte Radsatzkonstruktionen sowie Fahrwerksverkleidungen zum Einsatz kommen. Schließlich entwickelt die Deutsche Bahn AG in Kooperation mit der französischen und der italienischen Staatsbahn speziell für den Hochgeschwindigkeitsverkehr akustisch optimierte Drehgestellverkleidungen und Hochleistungsstromabnehmer zur Absenkung des Umströmungsgeräusches.

Durch eine Verstärkung der gemeinsamen europäischen Forschung auf dem Bahnsektor müssen die Kenntnisse über die Mechanismen der Geräuscentstehung und die technischen Möglichkeiten zu ihrer Reduzierung ausgeweitet und vertieft werden. In die Untersuchungen sind sowohl der Fahrweg als auch das rollende Material einzubeziehen. Dabei muß der Entstehung und Vermeidung der Riffelbildung auf den Schienen als einer Hauptgeräuschquelle besondere Beachtung gewidmet werden. Die im Hochgeschwindigkeitsverkehr verwendete „feste Fahrbahn“ ist akustisch und schwingungstechnisch weiter zu entwickeln (Absorptionsbeläge, Lagerung der Gleise); die Verbesserungsmaßnahmen sind durch Langzeittests abzusichern. Ebenso sind die aerodynamischen Eigenschaften der Hochgeschwindigkeitszüge zu optimieren.

Insgesamt scheint eine Absenkung der Lärmemission des Schienenverkehrs in Höhe von 10 dB(A) realistisch.

Bei der Bewertung des Schienenlärms ist ebenfalls zu überprüfen, ob die – von der Rechtsprechung bisher grundsätzlich gebilligte (BVerwGE 104, 123, 131; BVerwG, NVwZ 1998, 1071, 1072) – Anwendung des sogenannten Schienenbonus von 5 dB(A) auch für den Hochgeschwindigkeitsverkehr über 200 km/h sowie den schnellen Güterverkehr bei erheblichen Verkehrsbewegungen berechtigt ist. Mit Hilfe vergleichender Feldstudien ist zu überprüfen, ob die Ergebnisse früherer Befragungen der betroffenen Bevölkerung unter den geänderten Randbedingungen des Schienenverkehrs noch relevant sind. Nach Empfehlungen von HAIDER et al. (1992) sollte der derzeit bestehende Schienenbonus von 5 dB(A) schrittweise reduziert werden, wenn bestimmte Voraussetzungen nicht erfüllt sind (z.B. Immissionspegel tags und nachts von  $L_{eq}$  über 70 dB(A), durchschnittliche Zugfrequenz von 80 Ereignissen nachts bzw. 160 Ereignissen tagsüber).

Besonders wichtig ist nach Auffassung des Umweltrates die Festlegung von Geräuschemissionszielen für den Schienenverkehr mit Vorgabe konkreter Maßnahmen und Zeithorizonten zu ihrer Realisierung. Dabei ist der Stand der Technik zur Lärminderung ebenso zu berücksichtigen wie die Möglichkeit zur europaweiten Umsetzung.

### Luftverkehrslärm

**501.** Technische Maßnahmen zur Nachrüstung noch im Einsatz befindlicher älterer Triebwerke (z.B. der Einsatz von Schalldämpfern – sogenannten Hush-Kits), die Entwicklung verbesserter Triebwerke und aerodynamische Maßnahmen an Komponenten der Flugzeuge führten in den vergangenen Jahren zu einer deutlichen Minderung der Lärmemissionen von zivilen Flugzeugen. Moderne Flugzeuge unterschreiten die strengsten Lärmzulassungsgrenzwerte erheblich. Dieser Trend wurde durch die Einführung emissionsabhängiger Landegeühren und Flugbeschränkungen noch verstärkt. Allerdings ergab sich wegen der starken Zunahme des Luftverkehrs keine adäquate Reduzierung der Immissionsbelastung.

Entwicklung und Produktion moderner Flugzeuge erfolgen heute in der Regel in einer international operierenden Luftfahrtindustrie unter scharfen Wettbewerbsbedingungen. Die Internationalisierung des Luftverkehrs verlangt gleichzeitig aber nach einer Harmonisierung des Fluglärmschutzes, um Wettbewerbsverzerrungen aus Umweltschutzgründen zu vermeiden. Dies bedeutet wiederum, daß zumindest alle Festlegungen für weitere Grenzwertreduzierungen der Schallemissionen nicht national, sondern international getroffen werden müssen.

In der ICAO sind nahezu alle am internationalen Luftverkehr teilnehmenden Staaten vertreten. Deren Richtlinien bzw. Empfehlungen haben den Vorteil, daß sie international gelten. Die Lärmwerte von Strahlflugzeugen müssen den Anforderungen der ICAO (ANNEX 16) entsprechen. Die derzeit geltenden Grenzwerte werden allerdings für überholt gehalten. Eine Arbeitsgruppe bei der ICAO (ICAO-CAPE) hat die Aufgabe, neue Lärmgrenzwerte zu erarbeiten, die 2000/2001 verabschiedet werden sollen. Der Vorschlag der USA, relativ strenge

Grenzwerte für neue Luftfahrzeuge einzuführen, stößt auf Widerstand seitens der am Airbus beteiligten europäischen Staaten, vor allem Frankreichs, da das ICAO-Meßverfahren Luftfahrzeuge vom Typ Airbus methodisch bedingt benachteiligen soll. Umgekehrt sperren sich die USA gegen eine strengere Regelung für alte Luftfahrzeuge. Auch viele Schwellen- und Entwicklungsländer stehen den vorgeschlagenen Grenzwerten ablehnend gegenüber. Die EU strebt Berichten zufolge eine allgemeine Senkung der ICAO-Lärmgrenzwerte (Lärmemission bei Start und Landung) um 4 dB(A) an.

**502.** Der Umweltrat fordert daher die Einleitung einer international abgestimmten Initiative unter dem Dach der ICAO zur Entwicklung einer Strategie für eine weitere stufenweise angelegte Grenzwertabsenkung der Geräuschemissionen von zivilen Flugzeugen mit Vorgabe von Zeithorizonten. Die Bundesregierung sollte die Novellierung der Grenzwerte bei der ICAO aktiv unterstützen und dabei die Bündelung der Interessen der EU-Mitgliedstaaten – die EU ist als Beobachter bei der ICAO vertreten – für die Verhandlungen bei der ICAO vorantreiben. Sie sollte dabei auch auf Regelungen für alte Luftfahrzeuge dringen. Zumindest müssen Übergangsregelungen für alte Flugzeuge geschaffen werden. Die zu vereinbarenden Meßverfahren sind so auszugestalten, daß kein Hersteller aufgrund von Eigenschaften des Fluggerätes benachteiligt wird, die für das Ziel des Lärmschutzes unerheblich sind.

Fluggerätebezogene Beschränkungen und Gebührenregelungen sollten sich an den beim Normalflugbetrieb am jeweiligen Flughafen tatsächlich auftretenden Lärmpegeln orientieren; die Werte der Zulassungspegel nach der ICAO-Lärmklassifikation der Flugzeuge erscheinen als Mittelungspegel zu optimistisch. Weiterhin sind feinere Staffelungen für Start- und Landegeühren und eine Differenzierung der Erlaubnis von Starts und Landungen innerhalb und außerhalb einer Kernruhezeit erforderlich.

Darüber hinaus sind die bereits in Anwendung befindlichen Flugverfahren für Start und Landung zur Senkung der Geräusch-Immissionsbelastung entsprechend dem technischen Entwicklungsstand mit Hilfe computer-optimierter Flugrouten und Radarverfolgung zu verbessern.

### Industrie-, Gewerbe-, Sport- und Freizeitlärm

**503.** Im Jahre 1998 hat das Bundesumweltministerium wichtige Ziele und Maßnahmen zur Verminderung der Geräuschbelastung durch Gewerbe, Industrie, Baustellen und Geräte veröffentlicht (BMU, 1998). Dazu zählen insbesondere der Erlass einer EU-Richtlinie über die Geräuschemissionen von im Freien betriebenen Geräten mit anspruchsvollen Lärmgrenzwerten, die Einführung einer Geräuschkennzeichnung für zahlreiche lärmrelevante Maschinen und Geräte sowie der Erlass einer besonderen EU-Richtlinie mit Geräuschgrenzwerten nach dem Stand der Technik für Sportboote.

Der Umweltrat hält besonders die Schwerpunktsetzung zur Reduzierung der Geräuschemissionen von Maschinen und Geräten für angemessen; Regelungen für im

Freien betriebene Geräte wie Laubsauger, Häcksler und andere Gartengeräte sind im Hinblick auf deren immer stärkere Verbreitung und ihre zum Teil ganz erheblichen Schallemissionen für die Reduzierung des Nachbarschaftslärms von besonderer Bedeutung. Der Umweltrat fordert die Bundesregierung auf, die dazu notwendige europäische Umsetzung in Form einer EU-Richtlinie aktiv zu betreiben.

Im Bereich Sport- und Freizeitlärm ist neben einer rechtlichen Angleichung der zahlreichen Regelwerke insbesondere eine Anpassung der Meßvorschriften und der Beurteilungsverfahren auf ein einheitliches Qualitätsniveau erforderlich.

### 3.5.9.5 Geräusche aus verschiedenen Quellen

**504.** Belastungen durch Geräusche aus verschiedenen Quellenarten werfen schwierige Bewertungs- und Zurechnungsprobleme auf. Zum Bundes-Immissionsschutzgesetz hat sich heute die Meinung durchgesetzt, daß nur eine akzeptorbezogene Betrachtung, die die Auswirkungen aller Kategorien von Lärmquellen auf den Empfänger (Akzeptor) berücksichtigt, dem Schutzanspruch des Gesetzes entspricht (KOCH, 1999, S. 218 ff. und 1990, S. 54 ff.; JARASS, 1999, S. 242 f.; FELDHAUS, 1998, S. 181 ff.). Allerdings ergeben sich bereits aus dem Bundes-Immissionsschutzgesetz auch Argumente für eine Separierung der Geräuscharten; so, wenn Fluglärm aus dem Anwendungsbereich dieses Gesetzes ausgeschlossen wird (§ 2 Abs. 3) oder wenn es für die Festsetzung von Lärmgrenzwerten für Straßen und Schienenwege eine separate Ermächtigung gibt (§ 43).

Die neue TA Lärm hat den Akzeptorbezug nur näherungsweise verwirklicht, indem eine Gesamtbewertung aller dem Bundes-Immissionsschutzgesetz unterliegenden Anlagen sowie des diesen unmittelbar zurechenbaren Verkehrslärms erfolgt, Geräusche aus anderen Quellen (Fremdgeräusche) dagegen ausgeblendet werden. Auch soweit danach die Gesamtlärmbelastung zu berücksichtigen ist, erfolgt durch Irrelevanzklauseln im Rahmen der Regelprüfung – Unterschreitung des Immissionsrichtwertes durch die Zusatzbelastung um 6 dB(A), Überschreitung um 1 dB(A), zeitlichen Aufschub der Einhaltung der Immissionswerte aufgrund der Sanierungsklausel und Überdeckung durch ständig vorherrschende Fremdgeräusche – eine Abschwächung des Akzeptorbezugs. Dies kann sich insbesondere bei Hinzutreten weiterer Anlagen sowie im Fall der Überdeckung, wenn keine tatsächliche, sondern nur eine rechnerische Überdeckung stattfindet, als Abschwächung des Lärmschutzes auswirken (KOCH, 1999, S. 227 ff.; HANSMANN, 1997, S. 58). Ansätze in der Musterverwaltungsvorschrift der Länder von 1995 zu einer weitergehenden Berücksichtigung von Fremdgeräuschen sind nicht aufgegriffen worden.

Die Sportanlagenlärmschutzverordnung (18. BImSchV) geht ebenfalls von einem begrenzten akzeptorbezogenen Ansatz aus, indem sie Lärmimmissionen aus allen Sportanlagen mit einem Summengrenzwert belegt (§ 2 Abs. 1). Auch die DIN 18005 verwirklicht den Akzeptorbezug nicht konsequent, weil sie Verkehrslärm und Gewerbelärm nicht zusammen bewertet.

**505.** Dagegen setzt die Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV) beim Bau neuer Verkehrswege Lärmgrenzwerte allein für den einem neuen Verkehrsweg zurechenbaren Lärm ohne Berücksichtigung der Belastung durch andere, gleichzeitig gebaute Verkehrswege oder der Vorbelastung aus bestehenden Verkehrswegen fest. Dies gilt auch, wenn die Immissionswerte durch die summierten Geräusche überschritten werden. Bei wesentlichen Änderungen geht die Vorbelastung jedoch in die Erhöhungsformel nach § 1 Abs. 2 S. 1 Nr. 2 und S. 2 der 16. BImSchV ein; es kommt darauf an, ob sich aufgrund des Anstiegs des Lärms durch eine bauliche Änderung dieser mit der Vorbelastung zu einer unzumutbaren Belästigung summiert (VALLENDAR, 1999, S. 258). Auch wenn bei Neuanlagen umgekehrt auch die schutzmindernde Wirkung der Vorbelastung auf der planerischen Stufe des Lärmschutzes entfällt und allenfalls bei der Prüfung der Verhältnismäßigkeit nach § 41 Abs. 2 BImSchG zu berücksichtigen ist, bleibt diese segmentierende Betrachtungsweise noch hinter dem bisherigen Richterrecht – das auch heute noch für die Bewertung des Lärms von Flugplätzen gilt – zurück; danach sind zwar nur die der betreffenden Quelle zurechenbaren Geräusche zu berücksichtigen, für die Bewertung der Geräusche findet jedoch insofern eine generelle Gesamtbetrachtung statt, als stets zu prüfen ist, ob in der Zusatzbelastung durch die hinzutretende oder geänderte Quelle – bei Berücksichtigung der schutzmindernden Vorbelastung – eine unzumutbare Belastung liegt (BVerwGE 52, 226, 236; 59, 253, 268; 87, 332, 358).

Die segmentierende Betrachtungsweise der Verkehrslärmschutzverordnung ist insbesondere bei der aus Gründen des Naturschutzes und der Landschaftspflege erwünschten Bündelung von Verkehrswegen, z.B. Straße und Schiene, umweltpolitisch problematisch. Im Schrifttum hält man wegen der Diskrepanz zwischen dem Ansatz der Verkehrslärmschutzverordnung und dem Mandat der §§ 41, 43 BImSchG zum Teil eine gesetzeskonforme Auslegung für geboten, wonach die Gesamtbelastung durch eine ergänzende Einzelfallbewertung zu berücksichtigen sei (JARASS, 1999, S. 242 f.; FELDHAUS, 1998, S. 185 f.; SILAGI, 1997, S. 278). Jedenfalls soll im Vorfeld der Gesundheitsgefährdung bei ganz erheblicher Erhöhung der Gesamtbelastung eine Korrektur erfolgen können (JARASS, 1999, ebd.). Das Bundesverwaltungsgericht (BVerwGE 101, 1, 4 ff.; krit. KOCH, 1999, S. 225 ff.) ist jedoch der Ansicht, daß die Festsetzung von Lärmgrenzwerten allein für den einem neuen Verkehrsweg zurechenbaren Lärm ohne Berücksichtigung der Vorbelastung aus bestehenden Verkehrswegen mit der gesetzlichen Ermächtigung nach § 43 BImSchG vereinbar sei; das Gericht hält allerdings bei gesundheitsgefährdendem Lärm eine Korrektur über die verfassungsrechtliche Schutzpflicht aus Artikel 2 Abs. 2 S. 1 GG für möglich und notwendig.

Beim Umgang mit Geräuschen aus verschiedenen Quellen sind Fragen der Bewertung und der Zurechnung zu trennen.

Bei gleichartigen Geräuschen erscheint dem Umweltrat über die bestehenden Ansätze der TA Lärm, der Sportanlagenlärmschutzverordnung und der DIN 18005 hin-

aus eine summative Betrachtungsweise geboten. Sie ist auch bei ungleichartigen Geräuschen nicht völlig ausgeschlossen. Wie unter 3.5.9.3 dargelegt (Tz. 496 ff.), ist für die Bewertung von Lärm die Entwicklung einheitlicher Bewertungsverfahren und davon abgeleiteter Kennwerte anzustreben. Mit Hilfe derartig ermittelter Kennwerte ist durch energetische Addition die Gesamtbewertung auch von gemeinsam einwirkenden ungleichartigen Geräuschen möglich. Die so gewonnenen Beurteilungspegel für die Gesamtlärmbelastung in den jeweiligen Beurteilungszeiträumen sind in erster Linie für die Beurteilung der Gesundheitsgefährdung maßgeblich, da es hierfür vor allem auf die Lautstärke ankommt. Möglicherweise führt die energetische Addition zu einer Überschätzung der Gesundheitsgefährdung. Dies ist aber aus Gründen der Vorsorge hinzunehmen. Unterhalb der Werte zur Kennzeichnung der Gesundheitsgefährdung sollten dagegen zunächst weiterhin geräuschartspezifische Immissionsrichtwerte festgesetzt werden. Ergänzend ist freilich nach dem Vorgehen der Musterverwaltungsvorschrift von 1995 und Vorschlägen im Schrifttum eine Einzelfallprüfung zu erwägen, bei der auf Schutzwürdigkeit, Grad der Lästigkeit und Verursachungsanteil abzustellen ist. Maßgeblich sollten nach der Musterverwaltungsvorschrift insbesondere die Nutzung des Grundstücks, die Prägung der Geräuschquellen, die Nutzungsgeschichte, die jeweiligen Lärmanteile, die Dauer und Lästigkeit des Lärms, die Akzeptanzbereitschaft der Betroffenen und die Möglichkeiten passiven Lärmschutzes sein. Bei Altanlagen sollten weitere Einschränkungen unter dem Gesichtspunkt des Bestandsschutzes erfolgen. Ein früherer Entwurf der TA Lärm wollte dagegen eine abstrakt-generelle Summenbetrachtung auch bei Fremderäuschen einführen. Mangels ausreichender Bewertungsansätze erscheint dem Umweltrat eine Einzelfallprüfung auf jeden Fall vorzugswürdig.

**506.** Die andere zu entscheidende, aber bislang noch nicht gelöste Frage ist die nach der Zurechnung – und als deren Konsequenz – der Kostenbelastung für entsprechende Maßnahmen der Lärminderung. Hier hatte die Musterverwaltungsvorschrift von 1995 eine Zurechnung nach Verursachungsanteilen im Wege der Zuteilung von Lärmkontingenten vorgeschlagen. Unter Effizienzgesichtspunkten sowie im Hinblick auf das Verursacherprinzip erscheint dies zunächst als eine angemessene Lösung; unter ökonomischen Gesichtspunkten gilt dies allerdings nur, wenn im Einzelfall die Quelle, die der beste Kostenvermeider ist, auch zu weitergehenden Emissionsminderungen veranlaßt werden kann als ihrem Anteil entspricht. Jedoch ist eine vorausschauende Kontingentierung bei der Genehmigung von Neuanlagen nicht mit dem im Bundes-Immissionsschutzgesetz angelegten Prioritätsgrundsatz vereinbar, wonach – vorbehaltlich von Vorsorgemaßnahmen nach dem Stand der Technik – der „Belastungsraum“ ausgeschöpft werden kann; eine vorausschauende Kontingentierung, die einen Freiraum für neu hinzutretende Anlagen schafft, läßt sich nur ausnahmsweise als Ableitung aus einer Gefahrenprognose rechtfertigen (OVG Münster, DVBl. 1984, 473, 475; PETERSEN, 1993, S. 56 f., 180 ff.). Beim Zusammenreffen von Neu- und Altanlagen ergeben sich Grenzen für eine Kontingentierung insbesondere aus dem Be-

standsschutz der Altanlagen. Zwar ist es an sich zulässig, für Neuanlagen einen „Belastungsraum“ zu schaffen, indem Altanlagen Emissionsminderungen nach dem Stand der Technik auferlegt werden. Jedoch findet dies seine Grenze an der Verhältnismäßigkeit der Maßnahmen. Da es nicht ohne weiteres um eine Verbesserung der Lärmsituation, sondern um Neuansiedlung von Anlagen bei gegebenenfalls gleichbleibendem Lärmniveau geht, besitzen die Bestandsschutzinteressen der Altanlagen ein erhebliches Gewicht. Die TA Lärm enthält zu dieser Fallkonstellation keinerlei Vorschriften; die in Nr. 5.1 genannten Kriterien passen nicht.

Noch schwieriger gestalten sich indessen die Zurechnungsprobleme beim Verkehrslärm und beim Zusammentreffen von industriellem und Gewerbelärm mit Verkehrslärm. In ersterem Fall hat die Rechtsprechung eine „Verantwortungsgemeinschaft“ aller mitursächlichen Emittenten bisher grundsätzlich abgelehnt (BVerwGE 52, 226, 236; 59, 253, 268; 87, 332, 358). Eine Anlastung der Reduzierungspflicht bei summiertem Lärm allein an die Neuanlage (so STRICK, 1998, S. 39) ist nach Auffassung des Umweltrates aus den oben genannten Gründen nicht sinnvoll; sie könnte dazu führen, daß aus anderen Gründen erwünschte neue Verkehrsanlagen verhindert würden. Das Zurechnungsproblem wäre daher nur durch Einführung von Sanierungspflichten für bestehende Straßen, Schienenwege und Luftverkehrsanlagen im Wege der Gesetzesänderung zu begründen, wie sie der Umweltrat vorschlägt (Tz. 495). Bei dieser Gelegenheit sollte die Geräuschbelastung durch mehrere Verkehrsanlagen aufgegriffen werden. Beim Zusammentreffen verschiedener Geräuschquellenarten erweisen sich die unterschiedlichen Zuständigkeiten als ein schwer überwindbares Problem, das indessen durch Kooperationspflichten der beteiligten Behörden – oder nach den Vorschlägen der Musterverwaltungsvorschrift von 1995 – durch Zuteilung fiktiver Lärmkontingente und auf diese begrenzte Sanierungspflichten gelöst werden könnte.

Insgesamt ist der Umweltrat der Auffassung, daß beim Problem der Lärmsummation noch erhebliche Unsicherheiten hinsichtlich Bewertung und Zurechnung (Kostenanlastung) bestehen und daher diesem Problem künftig mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden muß (vgl. schon SRU, 1996, Tz. 504). Die dazu bereits vorhandenen Regelungen der TA Lärm, der 18. BImSchV und des Fluglärmsgesetzes bedürfen der Fortentwicklung. Dabei sollten Gesundheitsgefährdungen zunächst im Vordergrund stehen. Für diese gebietet die aus Art. 2 Abs. 2 S. 1 GG abgeleitete Schutzpflicht des Staates eine akzeptorbezogene Betrachtungsweise, und bei dieser Konstellation erscheinen die auf Bestandsschutz und allgemein auf eine angemessene Lastenverteilung bezogenen Interessen der jeweiligen Mitverursacher weniger schutzwürdig als im Fall bloßer erheblicher Belästigungen.

**507.** Der Umweltrat ist sich dessen bewußt, daß zur Umsetzung eines weitergehenden Regelungskonzeptes für alle Geräuscharten zunächst eine Klärung der aufgeworfenen offenen Bewertungsfragen aus technischer, wirkungsseitiger und rechtlicher Sicht zu erfolgen hat. Er

schlägt zu diesem Zweck die Einrichtung eines Forschungsschwerpunkte setzenden Programms vor. Im Rahmen dieses Programms sollten durch einen integralen Ansatz der fachlichen Themenschwerpunkte und interdisziplinär ausgerichtete Zusammenarbeit die wissenschaftlichen Grundlagen für eine mittelfristige Neuorientierung der Lärmschutzpolitik erarbeitet werden, die auf der Grundlage einer Gesamtbetrachtung langfristig zu einer nachhaltigen Verbesserung der Belastungssituation durch summierte Lärmeinwirkungen führt. Dieser Forschungsschwerpunkt sollte eine besondere Ausrichtung auf die Verkehrslärmbewertung und -minderung erhalten. Die Lärmwirkungsforschung ist dabei in besonderem Maße gefordert, als Grundlage für eine zukunftsorientierte Lärmstrategie wissenschaftlich abgesicherte Kriterien für die Lärmbewertung der unterschiedlichen Geräuscharten zu entwickeln.

#### **3.5.9.6 Planung zur Vermeidung und Verminderung von Lärm**

**508.** Im Bereich des planerischen Lärmschutzes kommen zunächst auf Verkehrsvermeidung und Umlenkung des Verkehrs auf umweltfreundlichere Verkehrsträger abzielende generelle Maßnahmen in Betracht. Der Umweltrat hat hierzu für den Straßenverkehr in seinen vorangegangenen Gutachten (SRU, 1996 und 1994) Vorschläge gemacht, die vor allem auf den Einsatz marktbezogener Anreize setzen. Auf regionaler und örtlicher Ebene vermag auch Verkehrsentwicklungsplanung eine Verkehrsverlagerung auf Verkehrsträger zu fördern, die mit geringeren Lärmbelastungen verbunden sind; mit dem Gesetz zur regionalen Verkehrsentwicklung von 1993 sind Möglichkeiten gegeben, auch bei einer unter Wettbewerbsgesichtspunkten erfolgenden Privatisierung des Öffentlichen Personennahverkehrs ein Mindestangebot sicherzustellen. Für den Flugverkehr sollte eine Verlegung des Kurzstreckenverkehrs auf den Schienenverkehr angestrebt werden; auch insoweit ist marktnahen Lösungen der Vorzug zu geben.

Darüber hinaus kommt der Verkehrswege- und Flughafenplanung eine besondere Bedeutung zu. Konzeptionell bieten die maßgeblichen gesetzlichen Regelungen mit der Rangfolge von planerischer „Lärmvorsorge“ durch Entscheidungen über den Standort und die Dimensionierung der Anlage, über aktiven Lärmschutz durch bauliche Maßnahmen, passiven Lärmschutz und Entschädigung an sich gute Voraussetzungen für einen effektiven Lärmschutz. Allerdings gilt dies nur mit erheblichen Einschränkungen für die Flughafenplanung, bei der ein „Normierungsdefizit“ hinsichtlich zwingender Anforderungen zum Schutz gegen Gesundheitsgefahren und erhebliche Belästigungen besteht (CZYBULKA, 1999, S. 127; HERMANN, 1994, S. 281 f.).

Trotz eines erheblichen dogmatischen Aufwandes von Rechtsprechung und Rechtswissenschaft – Entwicklung eines gestuften Konzepts von Planungsregeln mit bindenden Planungsleitsätzen, Optimierungsgeboten und einfachem Abwägungsgebot sowie der rechtsstaatlichen Durchdringung des Abwägungsgebots (STEINBERG, 1993, S. 169 ff.) – ist das Potential des Fachplanungsrechts, umweltbeeinträchtigende Verkehrsplanungen zu

verhindern, begrenzt geblieben. Wenngleich im Fall von Umgehungsstraßen hiervon bisweilen auch der Lärmschutz profitiert hat, so ist doch durch den starken Zubau an neuen Verkehrswegen und Ausbau von Flughäfen sowie die Erhöhung der Verkehrsleistungen die Zahl der lärmbelasteten Bürger in der Gesamtbevölkerung eher gewachsen (Tz. 388). Die Finanznot der öffentlichen Hand hat sich als ein weitaus wirksames Mittel gegen die ungezügelte Ausweitung der Verkehrsinfrastruktur erwiesen als Rechtsregeln zum Schutz der Umwelt.

Im Hinblick auf die Defizite der Verkehrswege- und Flughafenplanung unterstützt der Umweltrat die Vorschläge des Kommissionsentwurfs zu einem Umweltgesetzbuch (§§ 530-536), die auf die Schaffung restriktiver Voraussetzungen für die Ausübung des Planungsermessens im Bereich der Verkehrsanlagenplanung, des Raumordnungsverfahrens und des Verfahrens der planerischen Vorhabengenehmigung (Planfeststellung) hinauslaufen (vgl. zur Begründung UGB-KomE, 1998, S. 1331 ff.). Darüber hinaus fordert der Umweltrat, wie bereits dargelegt, neben zwingenden Schutzwerten die Aufstellung von Vorsorgewerten als Richtwerte für die Standortplanung und den aktiven Schallschutz. Derartige Regelungen sind nicht nur auf der Ebene von Verkehrsanlagen in der Baulast des Bundes und der Deutschen Bahn AG, sondern auch von solchen auf der Ebene der Länder, Kreise und Gemeinden erforderlich. Schließlich muß das Normierungsdefizit der Flughafenplanung beseitigt werden; die herausragende Verkehrsbedeutung von Flughäfen vermag eine kategorische Sonderstellung auf Kosten des Lärmschutzes nicht zu rechtfertigen. Es sind Grenz- und Richtwerte für die Planung, den Bau und die wesentliche Änderung von Flughäfen festzusetzen. Einer Korrektur bedürfen auch die restriktiven Tendenzen in der Rechtsprechung (BVerwGE 87, 332, 343 f.) hinsichtlich der Auferlegung betriebsregelnder Maßnahmen wie Lärmkontingente an den Flughafenbetreiber, die die Belastungskapazität in der Umgebung von Flughäfen konkretisieren (HERMANN, 1994, S. 322; STEINBERG und BIDINGER, 1993, S. 282 ff.).

Für die Umgebung von Flughäfen und Flugplätzen ist der Lärmvorsorge in Zukunft über das heutige Maß hinaus im Rahmen der Raumordnung und Flächennutzungsplanung Rechnung zu tragen. Dazu müssen vermehrt Lärmschutzbereiche z.B. im Rahmen von Raumordnungsprogrammen, Landesentwicklungsplänen und Regionalplänen, die über die Schutzzonen nach dem Fluglärmschutzgesetz hinausreichen, ausgewiesen werden (vgl. Fluglärmeleitlinie des LAI, 1997; MKRO, 1998).

Der Umweltrat regt an, die Flughafenlärme-Leitlinie zur Grundlage einer Novellierung des fast 30 Jahre alten Fluglärmschutzgesetzes zu machen. Ein entsprechender Entwurf liegt bislang nicht vor. Allerdings wurde für August 1999 ein Referentenentwurf aus dem BMU angekündigt. Als Schwerpunkte werden weiter eine Verbesserung des allgemeinen Schutzniveaus im Sinne der Weitergabe des durch Emissionsminderung an Verkehrsflugzeugen erreichten technischen Fortschritts an die Bevölkerung die Einführung einer gesonderten Nachtschutzzone bei Flughäfen und eine Harmonisierung der zur Bewertung des Fluglärms verwendeten Ermittlungs- und Beurtei-

lungsmethoden mit den in anderen Bereichen der Lärmbekämpfung üblichen Verfahren genannt (TRITTIN, 1999, pers. Mitt.). Die Details dieses Entwurfs sind noch nicht bekannt. Die Vorschläge der Flughafenlärme-Leitlinie bietet im Hinblick auf die Nachtflugbeschränkungen vernünftige Ansätze für eine Novellierung. Grundsätzlich wird auch die Anpassung des Äquivalenzparameters  $q = 3$  begrüßt, um insbesondere eine bessere Vergleichbarkeit mit anderen Lärmquellen zu erreichen. Allerdings sind Entschädigungsregeln, soweit die Veränderung des Äquivalenzparameters grundsätzlich überhaupt neue Entschädigungspflichten auslösen würde, differenziert auszugestalten. So erscheint es vernünftig, Entschädigungen nach Änderung des Äquivalenzparameters nur für Neubebauung und für Bauverbote im Sinne von § 8 Abs. 1 Fluglärmschutzgesetz, die nach der Änderung erlassen werden, zu gewähren. Die Einführung der sogenannten 100 %-Regelung ist im einzelnen noch umstritten; es ist jedoch zu erwägen, die Berechnung nach dem Fluglärmschutzgesetz dahingehend anzupassen, daß auch Gebiete, die nur zeitweise – die etwa außerhalb der Hauptstartrichtung liegen – von Fluglärm betroffen sind, im Wege der Mittelung berücksichtigt werden. Die Entschädigungsregeln wären im Hinblick auf die sogenannte 100 %-Regelung gegebenenfalls differenziert auszugestalten. Der Umfang der Entschädigung könnte sich zum Beispiel an dem zeitlichen Umfang der mit dem Fluglärm einhergehenden Beeinträchtigungen orientieren. Einer völligen Gleichstellung von Militärflughäfen mit zivilen Flughäfen steht der Umweltrat ablehnend gegenüber. Er hält es vielmehr angesichts der unterschiedlichen Belastungen, die von den verschiedenen Flughafenarten ausgehen, für angemessen, einen eigenen Abschnitt für Militärflughäfen mit gesonderten Entschädigungsregeln aufzunehmen.

**509.** Da bei den meisten Sport- und Freizeitaktivitäten das Emissionsminderungspotential gering ist, kommt hier den städtebaulichen Maßnahmen in Form von ausreichenden Schutzabständen besondere Bedeutung zu. Die Entwicklung einer Abstandsliste für den Bereich Sport- und Freizeitlärm kann dabei als wichtige Grundlage planerische Entscheidungen unterstützen.

#### 3.5.9.7 Sanierung bestehender Anlagen

**510.** Im Gegensatz zu Anlagen, die dem Bundes-Immissionsschutzgesetz unterliegen (§§ 17, 25 BImSchG), sehen die gesetzlichen Regelungen eine Sanierung bestehender Verkehrsanlagen nicht vor. Allerdings lösen wesentliche bauliche Änderungen von Straßen- und Schienenwegen eine dem Umfang nach begrenzte Sanierungspflicht aus. In der 8. Legislaturperiode war der Entwurf des Verkehrslärmschutzgesetzes, das auf der Grundlage von Zumutbarkeitswerten die Sanierungspflichten dem Träger der Straßenbaulast für bestehende Straßen vorschreiben wollte, im Hinblick auf die weitreichenden finanziellen Folgen dieser Pflichten am Widerstand des Bundesrats gescheitert. Für Straßen in der Baulast des Bundes und eines Teils der Länder (zu den Kommunen s. Abschnitt 3.5.8.1) gibt es „freiwillige“ haushaltsrechtliche Regelungen, die – nach Maßgabe der Verfügbarkeit von Mitteln – Sanierungslasten

des Staates begründen. Die Verkehrslärmschutzrichtlinien 1997 des Bundes sehen je nach Gebietscharakter – Wohngebiet, Mischgebiet und Gewerbegebiet – Sanierungswerte für den Tag und die Nacht von 70/60 dB(A), 72/62 dB(A) und 75/65 dB(A) vor; im Gegensatz zu § 41 BImSchG gilt aktiver und passiver Schallschutz als gleichrangig. Im Bereich des Fluglärms ist unabhängig davon, ob eine Verkehrserhöhung durch eine bauliche Maßnahme oder den Anstieg der Verkehrsbewegungen verursacht wird, eine Neufestsetzung der Lärmschutzbereiche vorzunehmen, wenn die Lärmbelastung um 4 dB(A) gestiegen ist (§ 4 Abs. 2 FluglärmG). Aufgrund der hohen Grenzwerte für die Festsetzung von Lärmschutzbereichen hat dieses „Sanierungskonzept“ aber nur eine begrenzte Bedeutung. Die Rechtsprechung hält eine Sanierung von bestehenden Verkehrsanlagen nur für geboten, wenn der von ihnen ausgehende Lärm zu Gesundheitsgefährdungen oder schweren und unerträglichen Lärmbelastungen führt. Unzumutbarer Lärm unterhalb dieser Schwelle begründet danach keine Sanierungspflicht (BVerwGE 59, 253, 267; 71, 150, 155; 104, 123, 143; 107, 350, 356 f.; BVerwG, NVwZ-RR 1991, 129, 133).

Dieser Rechtszustand, der den Lärmschutz fast völlig von fiskalischen Erwägungen abhängig macht, ist auch unter dem Vorzeichen knapper gewordener Haushaltsmittel auf Dauer nicht akzeptabel. Die Verweigerungshaltung der Fiskalpolitik entfernt sich nicht nur von den individuellen Präferenzen einer Vielzahl der Bürger. Vielmehr gebietet auch die Schutzpflicht aus Art. 2 Abs. 2 S. 1 GG ein angemessenes Vorgehen gegen Lärmbelastungen durch Altanlagen, jedenfalls soweit sie im Grenzbereich zur Gesundheitsgefährdung liegen, was bei langandauernden erheblichen Belästigungen im medizinischen Sinne zu erwarten ist (SCHULZE-FIELITZ, 1993, S. 519; SILAGI, 1997, S. 277; BVerfGE 56, 54, 77 f.; vgl. aber BVerwGE 74, 234, 235; 104, 123, 143). Da insbesondere sozial Schwächere von unzumutbarem Lärm betroffen sind, ist ein Abbau der Lärmbelastung auch ein Gebot des Sozialstaates.

Im Konflikt zwischen dem umweltpolitisch Erforderlichen und dem wirtschaftlich Vertretbaren stellt der Umweltrat eine Ausdehnung des in § 47a BImSchG angelegten Planungsansatzes zur Diskussion. In der jüngsten Vergangenheit sind wiederholt Forderungen nach einer Lärmsanierung nach Maßgabe von Prioritäten erhoben worden (DAL, 1996; UMK, 1996). Ein entsprechender Antrag des Landes Nordrhein-Westfalen im Bundesrat im Jahre 1996 ist nur mit knapper Mehrheit abgelehnt worden. Nach den Vorstellungen des Umweltrates könnten durch gesetzliche Regelungen des Bundes und der Länder grundsätzliche Sanierungspflichten des Bundes, der Länder, der Deutschen Bahn AG, der Betreiber von Flughäfen, der Kreise und Gemeinden nach Maßgabe von Lärminderungsplänen begründet werden. In den Plänen, die auf der Ebene des Bundes

und der Länder aufzustellen sind, sollte die Grundlage für ein planmäßiges, koordiniertes Vorgehen zur schrittweisen Sanierung stark belasteter Verkehrsanlagen einschließlich Flughäfen gelegt werden. Es wären nach Maßgabe von Sanierungszielwerten – zunächst 65/55 bzw. 62/55 dB(A) für Wohngebiete – Prioritäten festzulegen und entsprechende Zeitpläne aufzustellen; ein gesetzlicher Endtermin für die Sanierung könnte einem dilatorischen Verhalten entgegenwirken. Ob eine weitere Absenkung auf Werte von 54/45 dB(A) in Betracht kommt, bedarf näherer Prüfung, insbesondere im Hinblick auf die technischen Möglichkeiten und gesamtwirtschaftlichen Folgen. Eine Schutzminderung durch Vorbelastung sollte grundsätzlich nur auf der Zeitachse durch zeitliche Streckung der Sanierungslast hingenommen werden. Die Einhaltung der Nachtwerte sollte auch für Mischgebiete angestrebt werden. Ein bestimmter Anteil des Budgets der Träger der Straßenbaulast für den Straßenbau sollte als Sanierungsmasse gewidmet werden; entsprechende Regelungen sollten für andere Verkehrsanlagen gelten. Übergeordnete Pläne müßten vorliegende Planungen auf kommunaler Ebene nach § 47a BImSchG berücksichtigen. Für die kommunalen Lärminderungspläne sollte eine grundsätzliche Anpassungspflicht bestehen; diese Pläne müssen weiterhin ihre Bedeutung zur Durchsetzung örtlicher Schwerpunkte der Lärmsanierung behalten und können insbesondere weitergehende Maßnahmen vorsehen. Abgesehen von Anlagen in der Baulast des Bundes, des Landes, der Deutschen Bahn AG oder der Träger von Flughäfen könnten die Maßnahmen zur Durchführung der Pläne den Kreisen und Gemeinden überlassen werden. Bei Verkehrswegen sollten neben baulichem aktivem Schallschutz (etwa durch Lärmschutzwände) auch verkehrsregelnde und widmungsbeschränkende Maßnahmen wie etwa Geschwindigkeitsbeschränkungen, Entmischung des Verkehrs durch Lkw-Verbote oder Verkehrsberuhigung vorgesehen werden. Bei Flughäfen kommen insbesondere Lärmkontingente und Nachtflugbeschränkungen in Betracht. Entgegen der Verkehrslärmschutzrichtlinie 1997 sollte am Vorrang des aktiven vor dem passiven Schallschutz festgehalten werden. Zur Durchführung der Pläne wären „Öffnungsklauseln“ in den entsprechenden gesetzlichen Regelungen zu schaffen.

Dieser Vorschlag unterscheidet sich von dem gescheiterten Verkehrslärmschutzgesetz der 8. Legislaturperiode darin, daß den Betroffenen kein unbedingter Anspruch auf Lärmsanierung gewährt wird, sondern eine schrittweise Sanierung nach Maßgabe planerisch festgelegter Praktiken erfolgt, auf die die Betroffenen keinen individuellen Anspruch haben. Obwohl die Sanierungszielwerte anspruchsvoller ausgestaltet sind, ist nach Auffassung des Umweltrates zu erwarten, daß mit diesem flexiblen Vorgehen die in erster Linie fiskalisch motivierten Blockaden einer entschiedenen Lärmsanierung überwunden und der Leidensdruck der betroffenen Bevölkerung abgebaut werden kann.

**Kapitel 3.5**

ACKERMANN-LIEBRICH, U., BOILLAT, M.-A., BRAUN-FAHRLÄNDER, C. et al. (1999): Physische Umwelt und Gesundheit. – In: GUTZWILLER, F., JEANNERET, O. (Hrsg.): Sozial- und Präventivmedizin/ Public Health. – Bern: Hans Huber. – S. 431–468.

ALTURA, B.M., ALTURA, B.T., GEBREWOLD, A. et al. (1993): Extraaurale Wirkungen chronischer Lärmbelastung auf Blutdruck, Mikrozirkulation und Elektrolyte bei Ratten: Beeinflussung durch  $Mg^{2+}$ . – In: ISING, H., KRUPPA, B. (Hrsg.): Lärm und Krankheit – Noise and Disease. – Stuttgart: Gustav Fischer. – Schriftenreihe Verein WaBoLu 88. – S. 65–90.

Anforderungskatalog zum Bau der Festen Fahrbahn, Deutsche Bahn AG, 1995, Geschäftsbereich Netz, 15.10.1995.

ARENS, H. (1976): Untersuchungen zur Ermittlung von Lärmgrenzwerten für erwerbstätige Schwangere. – Essen, Gesamthochschule. – Dissertation.

ARO, S. (1984): Occupational stress, health-related behaviour and blood pressure: A 5 year follow-up. – Prev. Med. 13, 333–348.

- BABISCH, W. (1998): Epidemiological studies of cardiovascular effects of traffic noise. – In: CARTER, N., JOB, R.F.S. (Eds.): Noise Effects. – 7<sup>th</sup> International Congress on Noise as a Public Health Problem, Sydney 22–26<sup>th</sup> Nov. 1998. – Vol. 1. – Sydney: Noise effects 98 PTY Ltd. – S. 221–229.
- BABISCH, W., ISING, H., ELWOOD, P.C. et al. (1993a): Traffic noise and cardiovascular risk: the Caerphilly and Speedwell studies, second phase: Risk estimation, prevalence, and incidence of ischemic heart disease. – Archives of environmental health 48, 406–413.
- BABISCH, W., ELWOOD, P., ISING, H. (1993b): Road traffic noise and heart disease risk: results of the epidemiological studies in Caerphilly, Speedwell and Berlin. – In: VALLET, M. (Ed.): Noise and man. Noise as a Public Health Problem. – Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Congress. – Vol. 3. – Lyon: Actes INRETS No 34 bis. – S. 260–267.
- BABISCH, W., ISING, H., KRUPPA, B., WIENS, D. (1994): The incidence of myocardial infarction and its relation to road traffic noise: the Berlin case-control studies. – Environment International 20, 469–474.
- BABISCH, W., ISING, H., GALLACHER, J.E.J. et al. (1998): The Caerphilly and Speedwell Studies, 10 year follow-up. – In: CARTER, N., JOB, R.F.S. (Eds.): Noise Effects – 7<sup>th</sup> International Congress on Noise as a Public Health Problem, Sydney 22–26<sup>th</sup> Nov. 1998. – Vol. 1. – Sydney: Noise Effects '98 PTY Ltd. – S. 230–235.
- BECKENBAUER, Th., SCHREIBER, L. (1998): Kennzeichnung von Schallmissionen. – Zeitschrift für Lärmbekämpfung 45, 196–197.
- BECKERS, J.H. (1999): Zur Schalldifferenz außen/innen bei geöffneten Fenstern – Meßergebnisse aus Geräuschgutachten. – Bundesvereinigung gegen Fluglärm e.V. – Merkblatt LT001.
- BEDER, H. (1998): Wirtschaftliche und ökologische Folgewirkungen des Luftverkehrs in NRW. – Stellungnahme von Prof. Dr.-Ing. Heinrich Beder (BeCo, Beder Consult) auf einer öffentlichen Anhörung der Enquete-Kommission „Zukunft der Mobilität“, Düsseldorf, am 21. Oktober 1998.
- BELLI, S., SANI, L., SCARFICCIA, G., SORRENTINO, R. (1984): Arterial Hypertension and Noise: A Cross-Sectional Study. – American Journal of Industrial Medicine 6, 59–65.
- BERGLUND, B., JOB, R.F.S. (1996): Theory and method in perceptual evaluation of complex sound. – In: FASTL, H., KUWANO, S., SCHICK, A. (Hrsg.): Recent trends in hearing research. – Festschrift für Seiichiro Namba. – Oldenburg: BIS. – S. 215–240.
- BERGLUND, B., LINDVALL, Th. (1995): Community Noise. – Archives of the Centre of Sensory Research. – Stockholm. (Für die WHO erarbeitete Dokumentation)
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (1998): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland: Entwurf eines umweltpolitischen Schwerpunktprogramms. – Bonn: BMU. – 150 S.
- BOIKAT, U., NEUS, H., SAGUNSKI, H. (1998): Lärmbedingte Infarktrisiken im Vergleich zu anderen umweltbedingten Gesundheitsrisiken. – Umweltmedizin in Forschung und Praxis 3 (4), 217.
- BRINI, D., RATTI, R., TORRICELLI, P.A., CIRLA, A.M. (1983): Epidemiological study of the prevalence of arterial hypertension in subjects exposed to continuous and impulse noise. – In: ROSSI, G. (Ed.): Proceedings of the Fourth International Congress on Noise as a Public Health Problem. – Milano: Edizioni Tecniche a cura del Centro Ricerche E Studi Amplifon – Vol. 1. – S. 671–675.
- BULLINGER, M. (1998): Bewertung von Lärm aus psychologischer Sicht. – Umweltmedizin in Forschung und Praxis 3 (4), 201–202.
- BULLINGER, M. (1999): Die Münchner Fluglärmstudie: Ein Kurzbericht über die Studienergebnisse. – persönl. schriftl. Mitteilung.
- BULLINGER, M., HYGGE, S., EVANS, G. W. et al. (1998/99): The Psychological Cost of Aircraft Noise for Children. – Zentralblatt für Hygiene und Umweltmedizin 202 (2–4), 127–138.
- CLARK, C.R. (1984): The effects of noise on health. – In: JONES, D.M., CHAPMAN, A.J. (Eds.): Noise and society. – Chichester: Wiley. – S. 111–124.
- COHEN, S., KRANTZ, D.S., EVANS, G.W., STOKOLS, D. (1981): Cardiovascular and behavioural effects of community noise. – American Scientist 69, 528–535.
- COHEN, S., EVANS, G.W., STOKOLS, D. et al. (1986): Behaviour, health and environmental stress. – New York, London: Plenum Press.
- CZYBULKA, D. (1999): Die rechtliche Bewältigung der Fluglärmproblematik. – Umwelt- und Planungsrecht 9, 126–129.
- DAL (Deutscher Arbeitsring für Lärm) (1996): Lärm-Report 1996, S. 47.
- DEUTSCHE BAHN (1997/98): Auf dem Weg zu leisen Zügen – Ein Auszug aus Lärmschutzprojekten der Deutschen Bahn AG. – Prospekt. – Berlin: Bahn-Umweltzentrum der Deutschen Bahn AG.
- DIJK, van F.J., VERBEEK, J.H., VRIES, de F.F. (1987a): Non-auditory effects of noise in industry (V). A field study in a shipyard. – International archives of occupational and environmental health. 59, 55–62.
- DIJK, van F.J., SOUMAN, A.M., VRIES, de F.F. (1987b): Non-auditory effects of noise in industry (VI). A final field study in industry. – International Archives of Occupational and Environmental Health 59, 133–145.
- EIFF, von A.W. (1993): Einige Aspekte kardiovaskulärer Antworten auf akuten Streß. – In: ISING, H., KRUPPA, B. (Hrsg.): Lärm und Krankheit – Noise and Disease. – Stuttgart/New York: Gustav Fischer Verlag. – S. 44–47.



- ENDERLEIN, G., HEUCHERT, G., STARK, H. (1996): Epidemiologische Untersuchungen zur Beziehung zwischen Lärm am Arbeitsplatz und Herz-Kreislauf-Erkrankungen – In: Bundesanstalt für Arbeitsmedizin (Hrsg.): Lärm am Arbeitsplatz und Herz-Kreislauf-Erkrankungen. – Berlin: Wirtschaftsverlag NW. – Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsmedizin, Tagungsbericht 12. – S. 21–28.
- EVANS, G.W., BULLINGER, M., HYGGE, S. (1998): Chronic Noise Exposure and Physiological Response: A Protective Study of Children Living under Environmental Stress. – *Psychological Science* 9, 75–77.
- EVANS, G.W., HYGGE, S., BULLINGER, M. (1995): Chronic Noise and Psychological Stress. – *Psychological Science* 6, 333–338.
- FELDHAUS, G. (1998): 30 Jahre TA Lärm: Auf dem Weg zum gesetzeskonformen Lärmschutz? – In: KOCH, H.J. (Hrsg.): Aktuelle Probleme des Immissionsschutzrechtes. – Baden-Baden: Nomos. – S. 181–189.
- FELSCHER-SUHR, U., GUSKI, R., SCHUEMER, R. (1998): Some results of an international scaling study and their implications on noise research. – In: CARTER, N., JOB, R.F.S. (Eds.): Noise Effects '98 – 7<sup>th</sup> Intern. Congress on Noise as a Public Health Problem, Sydney, 22–26 Nov. 1998. – Vol. 2. – Sydney: Noise Effects '98 Pty Ltd. – S. 733–736.
- FIDELL, S., BARBER, D.S., SCHULTZ, T.J. (1991): Updating a dosage-effect relationship for the prevalence of annoyance due to general transportation noise. – *Journal of the Acoustical Society of America* 89, 15–28.
- FIELDS, J.M. (1990): Policy-related goals for community response studies. – In: BERGLUND, B., LINDVALL, T. (Eds.): Noise as a public health problem. – Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Congress. – Stockholm: Swedish Council for Building Research. – Vol. 5. – S. 115–134.
- FIELDS, J.M. (1992): Effects of personal and situational variables on noise annoyance, with special reference to implications for en route noise. – Washington, DC: Office of Environment and Energy/US Dept. of Transportation, Fed. Aviation's Admin./NASA.
- FIELDS, J.M. (1993): Theories and evidence on the effect of ambient noise on reactions to major noise sources. – In: VALLET, M. (Ed.): Noise and man: Noise as a Public Health Problem, Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Congress. – Vol. 3. – Lyon: Actes INRETS No 34 bis. – S. 412–419.
- FIELDS, J.M. (1996): Progress toward the use of shared noise reaction questions. – Proceedings INTER-NOISE 96, pp. 2389–2394.
- FIELDS, J.M., de JONG, R.G., FLINDELL et al. (1998): Recommendation for shared annoyance questions in noise annoyance surveys. – In: CARTER, N., JOB, R.F.S. (Eds.): Noise Effects, 98 – 7<sup>th</sup> Intern. Congress on Noise as a Public Health Problem, Sydney, 22–26 Nov. 1998. – Vol. 2. – Sydney: Noise Effects '98 Pty Ltd. 1998. – S. 481–486.
- FOGARI, R., ZOPPI, A., VANASIA, A. et al. (1994): Occupational noise exposure and blood pressure. – *Journal of hypertension* 12 (4), 475–479.
- FOURIAUD, C., JACQUINET-SALORD, M.C., DE-GOULET, P. et al. (1984): Influence of socioprofessional conditions on blood pressure levels and hypertension control. – *American Journal of Epidemiology* 120, 72–86.
- FROMME, H., BEYER, A. (1996): Untersuchung „Verkehr und Gesundheit im Ballungsraum Berlin“. – Forschungsbericht. – Berlin: Senatsverwaltung für Gesundheit und Soziales.
- GARCIA, A.M., GARCIA, A. (1992): Relationship between arterial pressure and exposure to noise at work. – *Medicina Clinica (Barc.)* 98 (1), 5–8.
- GLASS, D.C., SINGER, J.E. (1972): Urban stress: Experiments on noise and social stressors. – New York: Academic Press.
- GOTTLOB, D. (1995): Regulations for Community Noise. – *Noise news international*, 223–236.
- GREINER, H. (1995): Fluglärm am Flughafen Stuttgart. – In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU BW) (Hrsg.): Lärmbekämpfung – Ruheschutz: Analysen, Tendenzen, Projekte in Baden-Württemberg. – Karlsruhe: LfU BW. – Bericht Nr. 16. – Hier nach: <http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de/lfu/abt1/veroeff/>
- GRIEFAHN, B. (1982): Grenzwerte vegetativer Belastbarkeit. – *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* 29, 131–136.
- GRIEFAHN, B. (1988): Audiometrie: Grundlagen, Praxis, arbeitsmedizinische Vorsorge. – Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag. – S. 64.
- GRIEFAHN, B. (1990): Präventivmedizinische Vorschläge für den nächtlichen Schallschutz. – *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* 37, 7–14.
- GRIEFAHN, B. (1991): Lärmempfindlichkeit – ein Prädiktor lärmbedingter Gesundheitsschäden. – Stuttgart: Gentner Verlag. – Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin 30. – S. 73–79.
- GUSKI, R. (1987): Lärm: Wirkungen unerwünschter Geräusche. – Stuttgart: Hans Huber.
- GUSKI, R. (1997): Interference of activities and annoyance by noise from different sources: Some new lessons from old data. – In: SCHICK, A., KLATTE, M. (Eds.): Contributions to psychological acoustics. – Results of the 7<sup>th</sup> Oldenburg Symposium on psychological acoustics. – Oldenburg: BIS. – S. 239–258.
- GUSKI, R., FELSCHER-SUHR, U., SCHÜMER, R. (1998): Some consequences of an international empirical study on noise annoyance. – In: CARTER, N., JOB, R.F.S. (Eds.): Noise Effects, 98 – 7<sup>th</sup> Intern. Congress on Noise as a Public Health Problem, Sydney, 22–26 Nov. 1998. – Vol. 2. – Sydney: Noise Effects '98 Pty Ltd. – S. 515–518.

HAIDER, M., KOLLER, M., STIDL, Hg. (1992): Qualitätskriterien für Schienenverkehrslärm und Erschütterungen bei Vollbahnen. Teil 1: Lärm – Kombinationswirkungen von Lärm und Erschütterungen. – Wien: Bundesministerium für öffentliche Wirtschaft und Verkehr. – Forschungsarbeiten aus dem Verkehrswesen Bd. 36/1.

HAINES, M.M., STANSFELD, S.A., JOB, R.F.S., BERGLUND, B. (1998): Chronic aircraft noise exposure and child cognitive performance and stress. – In: CARTER, N., JOB, R.F.S. (Eds.): Noise Effects '98 – 7<sup>th</sup> Intern. Congress on Noise as a Public Health Problem, Sydney, 22–26 Nov. 1998. – Vol. 1. – Sydney: Noise Effects '98 Pty Ltd. – S. 329–335.

HANSMANN, K. (1997): Rechtsprobleme bei der Bewertung von Lärm. – Natur und Recht 19, 53–59.

Health Council of the Netherlands (1996): Effects of Noise on Health. – Noise news International, Sept., 137–150.

HERMANN, M. (1994): Schutz vor Fluglärm bei der Planung von Verkehrsflughäfen im Lichte des Verfassungsrecht. – Berlin: Duncker und Humblot. – 378 S.

HESEL, P.A., SLUIS-CREMER, G.K. (1994): Occupational noise exposure and blood pressure: longitudinal and cross-sectional observations in a group of underground miners. – Archives of environmental health 49, 128–134.

HIRAI, A., TAKATA, M., MIKAWA, M. et al. (1991): Prolonged exposure to industrial noise causes hearing loss but not high blood pressure: a study of 2 124 factory labourers in Japan. – Journal of Hypertension 9, 1069–1073.

HOUCHE-NEELEN, A. (1996): Lärmbelastung von Kindergartenpersonal. – Düsseldorf, Universität, Dissertation. – 114 Bl.

HYGGE, S. (1993): Vergleichende Untersuchungen über Wirkungen von Flug-, Straßenverkehrs- und Schienenlärm auf das Langzeitgedächtnis und das Erinnern von Texten bei 12–14jährigen Schülern. – In: ISING, H., KRUPPA, B. (Hrsg.): Lärm und Krankheit – Noise and Disease. – Stuttgart/New York: Gustav Fischer Verlag. – S. 416–427.

HYGGE, S., JONES, D.M., SMITH, A.P. (1998): Recent developments in noise and performance. – In: CARTER, N., JOB, R.F.S. (Eds.): Noise Effects '98 – 7<sup>th</sup> Intern. Congress on Noise as a Public Health Problem, Sydney, 22–26 Nov. 1998. – Vol. 1. – Sydney: Noise Effects '98 Pty Ltd. – S. 321–328.

IDZIOR-WALUS, B. (1987): Coronary risk factors in men occupationally exposed to vibration and noise. – European heart journal (Institut für Praxisorientierte Sozialforschung) 8, 1040–1046.

IPOS (1995): Einstellung der Bevölkerung zum Umweltschutz. – Mannheim: IPOS-Institut.

ISING, H. (1998): Streßreaktionen bei akuter und chronischer Lärmbelastung. – Umweltmedizinischer Informationsdienst des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene (3). – S. 48–53.

ISING, H., BABISCH, W., KRUPPA, B. et al. (1995): Chronischer Arbeitslärm – Ein wesentlicher Risikofaktor für Herzinfarkt. – Bundesgesundheitsblatt 38 (4), 127–130.

ISING, H., BABISCH, W., KRUPPA, B. (1998): Lärm und menschliche Gesundheit. – Zeitschrift für Umweltmedizin 6 (6), 317–319.

JANSEN, G. (1967): Zur nervösen Belastung durch Lärm. – Darmstadt: Steinkopff. – Beihefte z. Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz, Prophylaxe und Ergonomie Heft 9.

JANSEN, G. (1983): Einfluß hoher Lärmintensitäten auf den menschlichen Organismus unter besonderer Berücksichtigung der extraauralen Schallwirkungen. – Abschlußbericht über den Forschungsvertrag InSan – 0479-V-5481 an das Bundesministerium der Verteidigung 15. März 1983.

JANSEN, G. (1994): Medizinisches Gutachten für den Ausbau des Verkehrslandeplatzes Dortmund-Wickede. November 1994

JANSEN, G., HOFFMANN, H. (1971): Einfluß der Bedeutungsgehalte von Geräuschen und der Persönlichkeitsdimension auf lärmbedingte psychosomatische Reaktionen. – XVIIe Congr. Int. Psych. Appl. Vol. II, S. 1781–1786 (30. 7. 1971).

JANSEN, G., NOTBOHM, G. (1994): Lärm. – In: WICHMANN, SCHLIPKÖTER, FÜLGRAFF (Hrsg.): Handbuch der Umweltmedizin, Kap. VII–I. – Landsberg: ecomed Verlag. – Losbebl.-Ausg.

JANSEN, G., REHM, S., GROS, E. (1980): Untersuchungen zur Frage der Lärmempfindlichkeit. – Zeitschrift für Lärmbekämpfung 27, 9–12.

JANSEN, G., LINNEMEIER, A., NITZSCHE, M. (1995): Methodenkritische Überlegungen und Empfehlungen zur Bewertung von Nachtfluglärm. – Zeitschrift für Lärmbekämpfung 42, S. 4.

JANSEN, G., SCHWARZE, S., NOTBOHM, G. (1996): Lärmbedingte Gesundheitsbeeinträchtigung unter besonderer Berücksichtigung der physiologischen Lärmempfindlichkeit. – Zeitschrift für Lärmbekämpfung 43, 31–40.

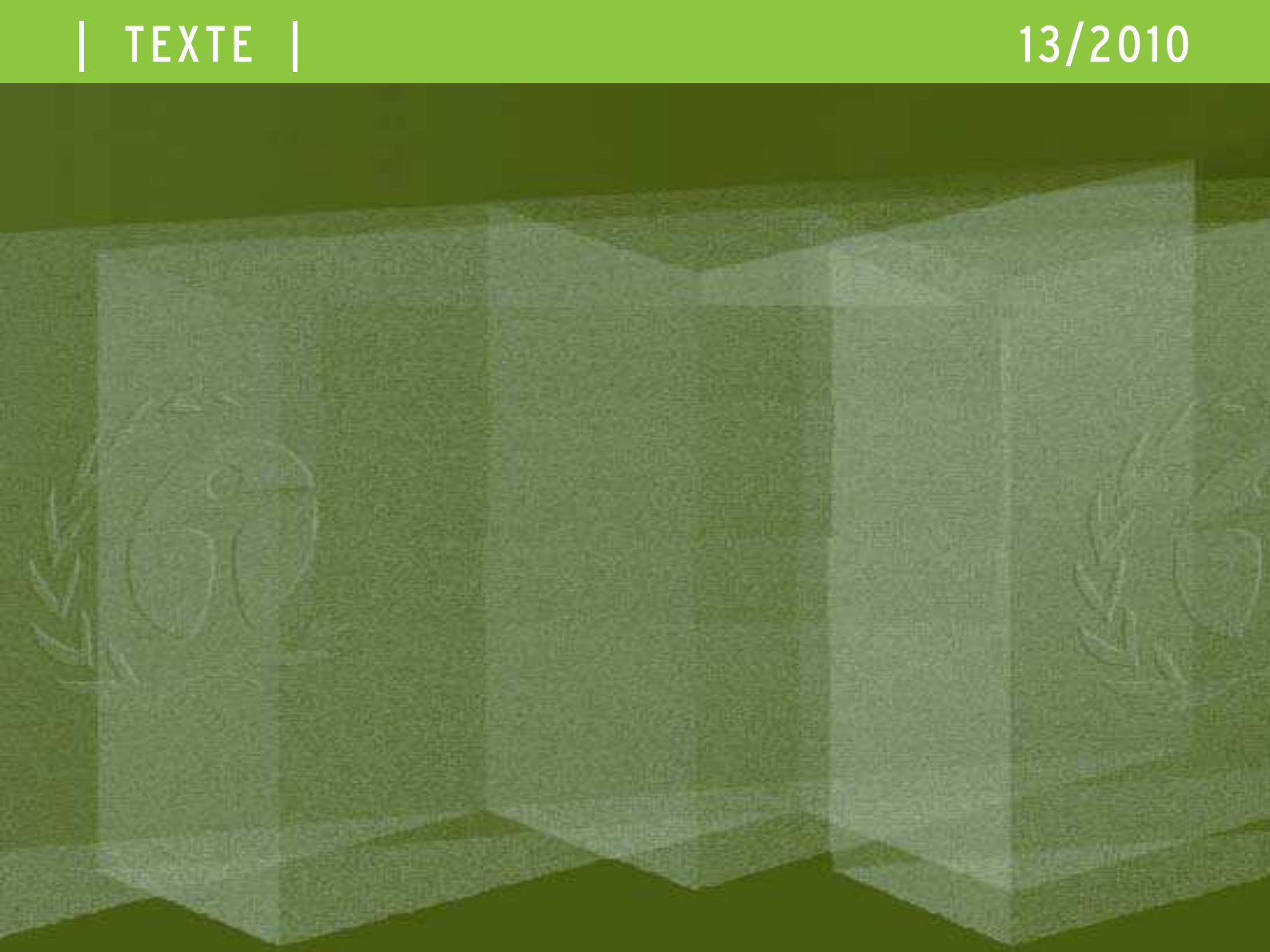
JANSEN, G., NOTBOHM, G., SCHWARZE, S. (1999): Gesundheitsbegriff und Lärmwirkungen. – Stuttgart: Metzler-Poeschel. – Materialien zur Umweltforschung, hrsg. vom Rat von Sachverständigen für Umweltfragen, Bd. 33. – 124 S.

JARASS, H.D. (1999): Neues von den Schwierigkeiten des Verkehrsimmissionsschutzes. – In: CZAJKA, D., HANSMANN, K., REBENTISCH, M. (Hrsg.): Immissionsschutzrecht in der Bewährung. – Festschrift für G. Feldhaus zum 70. Geburtstag. – Heidelberg: C.F. Müller. – S. 235–258.

- KASTKA, J., FAUST, M., WEBER, K. et al. (1998): Cortisolausscheidung als Nachweis einer Stressreaktion von Anwohnern eines Großflughafens. – In: Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin. – Fulda: Rindt (im Druck).
- KOCH, H.J. (1990): Der Erheblichkeitsbegriff in § 3 Abs.1 BImSchG und seine Konkretisierung durch die TA Lärm. – In: KOCH, H.J. (Hrsg.): Schutz vor Lärm. – Baden-Baden: Nomos. – S. 41–60.
- KOCH, H.J. (1999): Die rechtliche Beurteilung der Lärmsituation nach BImSchG und TA Lärm. – In: CZAJKA, D., HANSMANN, K., REBENTISCH, M. (Hrsg.): Immissionsschutzrecht in der Bewährung. – Festschrift für G. Feldhaus zum 70. Geburtstag. – Heidelberg: C.F. Müller. – S. 235–258.
- KONTOSIC, I., VUKELIC, M., GRUBISIC-GREBLO, H. (1990): Noise as a risk factor for arterial hypertension in sailors. – Arhiv za higijenu rada i toksikologiju = Archives of industrial hygiene and toxicology (Zagreb) 41, 187–199.
- KRISTAL-BONEH, E., MELAMED, S., HARARI, G., GREEN, M.S. (1995): Acute and chronic effects of noise exposure on blood pressure and heart rate among industrial employees: the Cordis Study. – Archives of environmental health 50, 298–304.
- KRYTER, K.D. (1982): Community annoyance from aircraft and ground vehicle noise. – Journal of the Acoustical Society of America 72, 1212–1242.
- LAI (Länderausschuß für Immissionsschutz) (1997): Leitlinien zur Ermittlung und Beurteilung von Fluglärmmmissionen in der Umgebung von Landeplätzen durch die Immissionsschutzbehörden der Länder (Landeplatz-Fluglärmlleitlinie). – hier nach: <http://www.fluglarm.de/bvf/dlailpl.ht>.
- LANG, T., FOURIAUD, C., JACQUINET-SALORD, M.C. (1992): Length of occupational noise exposure and blood pressure. – International archives of occupational and environmental health 63, 369–372.
- LERCHER, P. (1998): Medizinisch-hygienische Grundlagen der Lärmbeurteilung. – In: KALIVODA, M.T., STEINER, J.W. (Hrsg.): Taschenbuch der Angewandten Psychoakustik. – Wien, New York: Springer. – S. 42–101.
- LERCHER, P., HORTNAGL, J., KOFLER, W.W. (1993): Work noise annoyance and blood pressure: combined effects with stressful working conditions. – International archives of occupational and environmental health 65, 23–28.
- Lufthansa AG (1998): Präsentationsgrafiken der Lufthansa AG, Konzern Umweltfragen. Kapitel 2b. – unveröffentlicht.
- MASCHKE, C. (1992): Der Einfluß von Nachtfluglärm auf den Schlafverlauf und die Katecholaminausscheidung. – Berlin: Technische Universität, Dissertation.
- MASCHKE C., HARDER, J. (1998): Umweltmedizinischer Handlungsbedarf bei der Lärmexposition. – Gesundheitswesen Bd. 60, 661–668.
- MASCHKE, C., ARNDT, D., ISING, H. et al. (1995a): Der Einfluß von Nachtfluglärm auf die Streßhormonausscheidung von Flughafenanwohnern. – Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- MASCHKE, C., ARNDT, D., ISING, H., DRUBA, M. (1995b): Nocturnal Traffic Noise and Stress: Results of Field- and Laboratory Studies. – ISEE/ISEA Konferenz, Noordwijkerhout.
- MASCHKE, C., DRUBA, M., PLEINES, F. (1996): Beeinträchtigung des Schlafes durch Lärm. – Umweltbundesamt, Forschungsbericht Nr. 195-01-213/07.
- MASCHKE, C., ISING, H., HECHT, K. (1997): Schlaf – nächtlicher Verkehrslärm – Streß – Gesundheit. – Teile I und II. – Bundesgesundheitsblatt 1, 3–10 und 3, 86–95.
- MATTHIAS, S. (1961): Zur Frage der peripheren Durchblutung unter Lärmeinwirkung bei Kindern. – Würzburg: Universität, Med. Fak., Dissertation.
- MELAMED, S., FROOM, P., KRISTAL-BONEH, E. et al. (1997): Industrial noise exposure, noise annoyance, and serum lipid levels in blue-collar workers – the CORDIS Study. – Archives of environmental health 52, 292–298.
- MIEDEMA, H. (1993): Response functions for environmental noise. – In: VALLET, M. (Ed.): Noise and man – Noise as a public health problem. – Proc. 6<sup>th</sup> Intern. Congr. – Vol. 3. – Lyon: Actes INRETS No. 34 bis. – S. 428–433.
- MKRO (Ministerkonferenz für Raumordnung) (1998): Entschließung über den Schutz der Bevölkerung vor Fluglärm vom 4. Juni 1998. – Hier nach: <http://www.fluglaerm.de/bvf/draumord.htm>.
- MÜLLER, D., KAHL, H., DORTSCHY, R., BELLACH, B. (1994): Umwelteinwirkungen und Beschwerdebhäufigkeit: Ergebnisse einer Kohortenstudie. – Berlin: Institut für Sozialmedizin und Epidemiologie. – SozEP-Hefte, 1994, 2. – 79 S.
- MÜLLER, F., PFEIFFER, E., JILG, M. et al. (1998): Effects of acute and chronic traffic noise on attention and concentration of primary school children. – In: CARTER, N., JOB, R.F.S. (Eds.): Noise Effects '98 – 7<sup>th</sup> Intern. Congress on Noise as a Public Health Problem, Sydney, 22–26 Nov. 1998. – Sydney: Noise Effects '98 Pty Ltd.
- NEUS, H., RÜDDEL, H., SCHULTE, W., von EIFF, A.W. (1983): The long-term effect of noise on blood pressure. – Journal of Hypertension 1 (Suppl. 2), 251–253.
- OLIVA, C. (1998): Belastungen der Bevölkerung durch Flug- und Straßenlärm. – Berlin: Dunker & Humblot.
- OMURA, Y., LEE, A.Y., BECKMAN, S.L. et al. (1996): 177 cardiovascular risk factors, classified in 10 categories, to be considered in the prevention of cardiovascular diseases: an update of the original 1982 article containing 96 risk factors. – Acupunct Electrother Research 21 (1), 21–76.

- ORTSCHEID, J. (1996): Daten zur Belästigung der Bevölkerung durch Lärm – Ergebnisse repräsentativer Bevölkerungsumfragen 1984 bis 1994. – Zeitschrift für Lärmbekämpfung 43, 15–23.
- OTTEN, H., SCHULTE, W., von EIFF, A.W. (1988): Traffic noise, blood pressure and other risk factors: the Bonn traffic noise study. – In: BERGLUND, B., BERGLUND, U., KARLSSON, J., LINDVALL, T. (Eds.): Noise as a Public Health Problem. – Stockholm. – Vol. IV. – S. 327–335.
- PETERSEN, F. (1993): Schutz und Vorsorge. – Berlin: Duncker & Humblot. – 378 S.
- POUSTKA, F. (Hrsg.) (1991): Die physiologischen und psychischen Auswirkungen des militärischen Tiefflugbetriebs. – Bern u.a.: Hans Huber. – 224 S.
- PULLES, M.P.J., BIESIOT, W., STEWART, R. (1990): Adverse effects of environmental noise on health: An interdisciplinary approach. – Environment International 16, 437–445.
- REHM, S., JANSEN G. (1978): Aircraft noise and premature birth. – Journal of Sound and Vibration 59, 133–135.
- ROHRMANN, B. (1984): Psychologische Kriterien zur Erheblichkeit von Belästigungen – Frankfurt u.a.: Peter Lang. – Europäische Hochschulschriften, Reihe 39, Band I. – S. 139–149.
- SCHICK, A. (1997): Das Konzept der Belästigung in der Lärmforschung. – Lengerich: Pabst.
- SCHÜMER-KOHR, A., SCHÜMER, R., SCHREKENBERG, D. et al. (1998): Annoyance due to railway and road traffic noise: First results of an interdisciplinary study. – In: CARTER, N., JOB, R.F.S. (Eds.): Noise Effects '98 – 7<sup>th</sup> Intern. Congress on Noise as a Public Health Problem, Sydney, 22–26 Nov. 1998. – Vol. 2. – Sydney: Noise Effects, '98 Pty Ltd. – S. 487–490.
- SCHULTZ, T.J. (1978): Synthesis on social surveys on noise annoyance. – Journal of the Acoustical Society of America 64, 377–405.
- SCHULZE-FIELITZ, H. (1993): Aktuelle Grundprobleme des Verkehrsimmissionsschutzes. – Die Verwaltung 26, 515–544.
- SEIDEL, H.J. (1998): Praxis der Umweltmedizin. – Stuttgart/New York: Georg Thieme Verlag. – S. 303.
- SIEGMANN, S., BRINKMANN, H., FAUST et al. (1999): Extraaurale Reaktionen bei Belastungen mit hochenergetischen Impulsschallen. – Zeitschrift für Lärmbekämpfung 46 (3), 88–97.
- SILAGI, M. (1997): Zu den Grenzen des Verkehrslärmschutzes. – Umwelt- und Planungsrecht 7, 272–278.
- SINGH, A.P., RAI, R.M., BHATIA, M.R., NAYAR, H.S. (1982): Effect of chronic and acute exposure to noise on physiological functions in man. – International archives of occupational and environmental health 50, 169–174.
- SPRENG, M. (1987): Mögliche Gehörschäden durch Tieffluglärm. – UBA, Forschungsbericht 10501 213/05.
- SRU (Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (1988): Umweltgutachten 1987. – Stuttgart: Kohlhammer.
- SRU (1994): Umweltgutachten 1994. – Stuttgart: Metzler-Poeschel.
- SRU (1996): Umweltgutachten 1996. – Stuttgart: Metzler-Poeschel.
- SRU (1998): Umweltgutachten 1998. – Stuttgart: Metzler-Poeschel.
- STEINBERG, R. (1993): Fachplanung. Das Recht der Fachplanung unter Berücksichtigung des Nachbarschutzes und der Umweltverträglichkeitsprüfung. – Baden-Baden: Nomos.
- STEINBERG, R., BIDINGER, R. (1993): Kapazitätsbeschränkungen in der luftverkehrsrechtlichen Genehmigung und Planfeststellung? – Umwelt und Planungsrecht 13, 281–285.
- STRICK, S. (1998): Lärmschutz an Straßen. – Köln u.a.: Carl Heymanns Verlag. – 156 S.
- STRICK, S. (1998): Lärmschutz an Straßen. – Köln u.a.: C.H. Beck. – 1389 S.
- STRUWE, F., JANSEN, G., SCHWARZE, S. et al. (1995): Hearing loss induced by leisure noise: subjective evaluation and audiometric assessment. – Proceedings of the 15<sup>th</sup> International Congress on Acoustics, Trondheim, Norway, 26–30 June 1995. – Vol. II. – S. 303–305.
- STRUWE, F., JANSEN, G., SCHWARZE, S. et al. (1996): Konsequenzen von Gehörschäden durch Freizeitlärm für die spätere Berufswahl junger Menschen. – In: MÜNZBERGER, E. (Hrsg.): Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Arbeits- und Umwelttechnik. – Dokumentationsband über die Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. – Fulda: Rindt. – S. 193–196.
- TAFALLA, R.J., EVANS, G.W. (1997): Noise, physiology and human performance – The potential role of effort. – Journal of Occupational Health Psychology 2, 148–155.
- TALBOTT, E., HELMKAMP, J., MATTHEWS, K. et al. (1985): Occupational noise exposure, noise-induced hearing loss, and the epidemiology of high blood pressure. – American Journal of Epidemiology 121, 501–514.
- TALIJANCIC, A., MUSTAC, M. (1989): Arterial hypertension in workers exposed to occupational noise. – Arhiv za higijenu rad i toksikologiju = Archives of industrial hygiene and toxicology (Zagreb) 40, 415–420.
- THÉRIAULT, G.P., TREMBLAY, C.G., ARMSTRONG, B.G. (1988): Risk of ischemic heart disease among primary aluminium production workers. – American Journal of Industrial Medicine 13, 659–666.

- THEWS, G., VAUPEL, P. (1990): Vegetative Physiologie. – Berlin/Heidelberg: Springer.
- TOMEI, F., TOMAO, E., PAPALEO, B. et al. (1991): Study of some cardiovascular parameters after chronic exposure to noise. – *Int. J. Cardiol.* 33, 393–399.
- TRAUTNER, C., GRABSCH, S., SCHOLZ, R. et al. (1998): Noise as a risk factor for myocardial infarction: design of a new case-control study. – In: CARTER, N., JOB, R.F.S.: Noise Effects – 7<sup>th</sup> International Congress on Noise as a Public Health Problem. Sydney 22–26<sup>th</sup> Nov. 1998. – Vol. 1. – Sydney: Noise Effects '98 PTY Ltd. – S. 293–295.
- TÜV Rheinland (1990): Umweltbrief TÜV Rheinland 1/1990.
- TÜV Rheinland (1999): Studie: Ansätze einer verbesserten Lärmschutzpolitik. – Bearbeiter: Hepekausen, M., Kramer, G., Kurtz, W., Schneider, F., Sonder, D., Tegeder, K. – Gutachten für den Rat von Sachverständigen für Umweltfragen. – unveröffentlicht. – TÜV-Bericht Nr.: 933/032801/02.
- UBA (Umweltbundesamt) (1995): Jahresbericht 1995. – Berlin: UBA.
- UBA (1997): Jahresbericht 1997. – Berlin: UBA. – S. 171–177.
- UBA (1998): Lärmbelastigung durch Straßenverkehr. – Nach: [www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten). – Letzte Aktualisierung 18. November 1998
- UBA (1999): Umweltdaten Deutschland 1998 – [www.umweltbundesamt.de/udd/lae/lae2.htm](http://www.umweltbundesamt.de/udd/lae/lae2.htm).
- UGB-KomE (1998): Entwurf der Unabhängigen Sachverständigenkommission zum Umweltgesetzbuch beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.). – Berlin: Duncker & Humblot. – 1725 S.
- UMK (Umweltministerkonferenz) (1996): Entschließung der 47. UMK am 11./12. Dezember 1996 in Kiel.
- UMK (AG Umwelt und Verkehr) (1998): Strategien zur Reduzierung des Straßenverkehrslärms (10-Punkte-Programm).
- VALLENDAR, W. (1999): Sanierungsansprüche im Bereich der Verkehrswegeplanung – ein juristisches Märchen zu Ehren eines märchenhaften Juristen. – In: CZAJKA, D., HANSMANN, K., REBENTISCH, M. (Hrsg.): Imissionsschutzrecht in der Bewährung. – Festschrift für G. Feldhaus zum 70. Geburtstag. – Heidelberg: C.F. Müller. – S. 249–262.
- VERBEEK, J.H., DIJK, van F.J., VRIES, de F.F. (1987): Non-auditory effects of noise in industry (IV). A field study on industrial noise and blood pressure. – *International archives of occupational and environmental health* 59, 51–54.
- VERMEL, A.E., ZINENKO, G.M., KOCHANOVA, E.M. et al. (1988): Intensity of industrial noise and the incidence of arterial hypertension (according to data from a prospective epidemiological study of organized female populations in Moscow). – *Terapevticheskii Arkhiv* 60, 88–91.
- VOS, J. (1991): Belästigung durch gleichzeitigen Impuls-, Straßenverkehrs- und Luftverkehrslärm. – In: POUSTKA, F. (Hrsg.): Die physiologischen und psychischen Auswirkungen des militärischen Fluglärmbetriebs. – Stuttgart: Huber.
- VOS, J. (1992): Annoyance caused by simultaneous impulse, road-traffic, and aircraft sounds: a quantitative model. – *The Journal of the Acoustical Society of America* 91 (6), 3330–3345.
- WU, T.N., KO, Y.C., CHANG, P.Y. (1987): Study of noise exposure and high blood pressure in shipyard workers. – *American Journal of Industrial Medicine* 12, 431–438.
- ZHAO, Y., LINZHI, W., DUNYIN, P. et al. (1998): A dose-response relationship for noise-induced hypertension in chemical fertilizer factories. – In: CARTER, N., JOB, R.F.S. (Eds.): Noise Effects – 7<sup>th</sup> International Congress on Noise as a Public Health Problem. Sydney 22–26<sup>th</sup> Nov. 1998. – Vol. 1. – Sydney: Noise effects 98 PTY Ltd. – S. 259–263.
- ZHAO, Y.M., ZHANG, S.Z., SELVIN, S., SPEAR, R.C. (1991): A dose-response relation for noise-induced hypertension. – *British Journal of Industrial Medicine* 48, 179–184.
- ZHAO, Y.M., ZHANG, S.Z., SELVIN, S., SPEAR, R.C. (1993): A dose-response relationship between noise exposure and hypertension among female textile workers without hearing protection. – In: VALLET, M. (Ed.): Noise and man: Noise as a public health problem. – Proc. 6<sup>th</sup> Intern. Congr. – Vol. 3. – Lyon: Actes INRETS No bis. S. 274–279.
- ZWICKER, E. (1991): Ein Vorschlag zur Definition und zur Berechnung der unbeeinflussten Lästigkeit. – *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* 38, 91–97.



# Lärmwirkungen

## Dosis-Wirkungsrelationen



SONDERVORHABEN DES  
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,  
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Förderkennzeichen 363 01 999/67  
UBA-FB 001348

## **Lärmwirkungen**

### **Dosis-Wirkungsrelationen**

von

**Prof. Dr. Kerstin Giering**

Fachhochschule Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

**UMWELTBUNDESAMT**



Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter  
[http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-  
medien/mysql\\_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3917](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3917)  
verfügbar.

Die in der Studie geäußerten Ansichten  
und Meinungen müssen nicht mit denen des  
Herausgebers übereinstimmen.

ISSN 1862-4804

Herausgeber: Umweltbundesamt  
Postfach 14 06  
06813 Dessau-Roßlau  
Tel.: 0340/2103-0  
Telefax: 0340/2103 2285  
Email: [info@umweltbundesamt.de](mailto:info@umweltbundesamt.de)  
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet I 3.4 Lärminderung bei Anlagen und  
Produkten, Lärmwirkungen  
Matthias Hintzsche

Dessau-Roßlau, März 2010

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1 Wirkungen des Lärms .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Historische Bemerkungen zu den Dosis-Wirkungsrelationen.....</b>	<b>2</b>
2.1 Schultz (1978) und Fidell et al. (1991) .....	3
2.2 Finegold et al. (1994).....	5
2.3 Miedema et al. ab 1998.....	6
2.4 EU Position Paper.....	14
<b>3 Dosis-Wirkungsrelationen zur Belästigung nach 2000.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1 Studien zum Zusammenhang zwischen Belästigung (annoyance) und Exposition .....</b>	<b>21</b>
3.1.1 Feldstudien .....	21
3.1.2 Laborstudien .....	44
3.1.3 Sonstige Aussagen.....	51
<b>3.2 Disturbance (<math>L_{den}</math>) .....</b>	<b>58</b>
3.2.1 Feldstudien .....	58
3.2.2 Laborstudien .....	63
<b>4 Schlafstörungen nach 2000.....</b>	<b>64</b>
<b>4.1 Feldstudien .....</b>	<b>64</b>
<b>4.2 Laborstudien .....</b>	<b>74</b>
<b>5 Gesundheitliche Beeinträchtigungen .....</b>	<b>77</b>
<b>5.1 Ischämische Herzkrankheiten.....</b>	<b>77</b>
<b>5.2 Bluthochdruck (BHD) .....</b>	<b>84</b>
<b>5.3 Medikamentengebrauch .....</b>	<b>95</b>
<b>6 Schlussfolgerungen .....</b>	<b>97</b>
<b>6.1 Zugrundeliegende Metrik.....</b>	<b>97</b>
<b>6.2 Bestimmung der Exposition .....</b>	<b>98</b>

<b>6.3</b>	<b>Parameter, die die Belästigung beeinflussen .....</b>	<b>98</b>
<b>6.4</b>	<b>Dosis-Wirkungsbeziehungen.....</b>	<b>98</b>
<b>7</b>	<b>Kostenfunktionen .....</b>	<b>100</b>
<b>7.1</b>	<b>Immobilienwertverluste .....</b>	<b>102</b>
<b>7.2</b>	<b>Kombinierte Ansätze (Immobilien und Gesundheit).....</b>	<b>104</b>
<b>7.3</b>	<b>Weinberger .....</b>	<b>113</b>
<b>7.4</b>	<b>Kosten des Lärm entsprechend Bundesverkehrswegeplan, EWS-97 und LfU.....</b>	<b>114</b>
<b>7.5</b>	<b>Schweiz (ARE).....</b>	<b>116</b>
<b>7.6</b>	<b>Gesundheitsschädigungen .....</b>	<b>118</b>
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>120</b>

**Abbildungen**

Abbildung 1	%HA, Schultz 1978 .....	4
Abbildung 2	%HA, Fidell et al. 1991 .....	5
Abbildung 3	%HA, Finegold et al. 1994 .....	6
Abbildung 4	Dosis-Wirkungsrelationen %HA, Miedema und Vos 1998 .....	7
Abbildung 5	Dosis-Wirkungsrelationen in %HA.....	8
Abbildung 6	%HA $L_{dn}$ , Miedema und Oudshoorn 2001 .....	11
Abbildung 7	%HA $L_{den}$ , Miedema und Oudshoorn 2001 .....	11
Abbildung 8	Dosis-Wirkungsrelationen %HA $L_{dn}$ Miedema; Schultz; Fidell et al.; Finegold et al.....	12
Abbildung 9	%HA $L_{dn}$ , Miedema 1998 und 2001 .....	12
Abbildung 10	%HA $L_{dn}$ und $L_{den}$ , Miedema 2001 .....	13
Abbildung 11	Dosis-Wirkungsrelationen Schlafstörungen Straßenverkehrslärm, EU 2004 .....	16
Abbildung 12	Dosis-Wirkungsrelationen Schlafstörungen Schienenverkehrslärm, EU 2004 .....	16
Abbildung 13	Dosis-Wirkungsrelationen Schlafstörungen Fluglärm, EU 2004.....	17
Abbildung 14	%HSD Straßenverkehrs-, Schienenverkehrs- und Fluglärm, EU 2004 .....	18
Abbildung 15	Belästigung tags und nachts, Straße, Hoeger et al. 2002 .....	22
Abbildung 16	Belästigung tags und nachts, Schiene, Hoeger et al. 2002 .....	23
Abbildung 17	%HA tags und nachts, Flug, Hoeger et al. 2002.....	23
Abbildung 18	%HA Straße, Sato et al. 2002.....	24
Abbildung 19	Annoyance score A für Schienen-, Straßen- und Flugverkehr, Miedema 2004 und Miedema, Vos 2004 .....	26
Abbildung 20:	Dosis-Wirkungsrelationen %HA für mehrere Quellen, Miedema 2004 .....	27
Abbildung 21	Belästigungsgrad für mehrere Quellen, Miedema 2004 .....	27
Abbildung 22	Belästigungswirkung, Straße, Bluhm et al. 2004.....	28
Abbildung 23	Schlafstörung, Straße, Bluhm et al. 2004.....	29
Abbildung 24	Anteil Belästigter in Abhängigkeit von Pegel, außen, Straße, Klæboe et al. 2004.....	30
Abbildung 25	Anteil Belästigter in Abhängigkeit von Pegel, innen, Straße, Klæboe et al. 2004.....	30
Abbildung 26	Anteil Belästigter Vergleich mit Miedema, außen, Straße, Klæboe et al. 2004.....	31

Abbildung 27	Anteil Belästigter Vergleich mit Miedema, innen, Straße, Klæboe et al. 2004 .....	31
Abbildung 28	Dosis-Wirkungskurve, Flug, Untersuchung 2001, Lärmstudie 2000, 2005 .....	32
Abbildung 29	Anteil %HA, Untersuchung 2001, Flug, Wirth 2004 .....	33
Abbildung 30	Dosis-Wirkungskurve nachts, Flug, Lärmstudie 2000, 2005 .....	34
Abbildung 31	Dosis-Wirkungskurve, Flug, Lärmstudie 2000, Untersuchung 2003, 2005 .....	35
Abbildung 32	Belästigung durch Flug- und Straßenverkehrslärm, Lärmstudie 2000, 2005 .....	37
Abbildung 33	Anteil Belästigter in Abhängigkeit von Pegel und ruhiger Fassade, Straße, Öhrström et al. 2006.....	38
Abbildung 34	Durchschnittliche Belästigung in Abhängigkeit von Pegel und Situation, Straße, Öhrström et al. 2006 .....	39
Abbildung 35	Dosis-Wirkungskurven, Straße, Öhrström et al. 2006.....	40
Abbildung 36	Durchschnittliche Belästigung in Abhängigkeit von $L_{dn}$ , Straße, Martin et al. 2006.....	41
Abbildung 37	%HA in Abhängigkeit von $L_{dn}$ , Straße, Martin et al. 2006 .....	41
Abbildung 38	%HA Fluglärm Korea, Japan, Miedema und Finegold in Abhängigkeit von $L_{dn}$ .....	42
Abbildung 39	%HA, Straße, Jakovljevic et al. 2008.....	43
Abbildung 40	Relative Häufigkeit für Lästigkeitskategorien, Straße und Schiene, FV „Leiser Verkehr“ 2005.....	44
Abbildung 41	Dosis-Wirkungsbeziehung, Straße und Schiene, FV „Leiser Verkehr“ 2005 .....	45
Abbildung 42	Lästigkeitsurteile für Kombinationen, Straße und Schiene, FV „Leiser Verkehr“ 2005.....	46
Abbildung 43	Lästigkeitsurteile bei unterschiedlichen Spitzenpegeln, Straße und Schiene, FV „Leiser Verkehr“ 2005 .....	46
Abbildung 44	Durchschnittliche Belästigung in Abhängigkeit von $L_{dn}$ , Schiene, De Coensel et al. 2007.....	48
Abbildung 45	Belästigung für Straßenbahn, Bus, Lkw, Preis et al. 2007.....	49
Abbildung 46	Belästigung für 9 Schienenverkehrsgeräusche, Preis et al. 2007 .....	49
Abbildung 47	Belästigung für verschiedene Quellenkombinationen und Aufgaben, Kuhnt et al. 2008 .....	50
Abbildung 48	%HA in Abhängigkeit vom Aufgabentyp, Kuhnt et al. 2008 .....	51
Abbildung 49	Dosis-Wirkungszusammenhänge nach Crocker, Ouis 2001 .....	52

Abbildung 50	Einfluss des Zugangs zu einer ruhigen Fassade, Rylander und Björkman 2002 .....	53
Abbildung 51	Einfluss der Lärmempfindlichkeit auf die Störung / Belästigung, Miedema und Vos 2003 .....	54
Abbildung 52	Überschusseffekt; Schiene, Huybregts 2003 .....	55
Abbildung 53	Überschusseffekt, UBA Fluglärm 2004 .....	56
Abbildung 54	Zeitliche Veränderung der Belästigungsreaktion, UBA Fluglärm 2004 .....	56
Abbildung 55	Kommunikationsstörungen Fluglärm Vancouver, Spreng 2003 .....	59
Abbildung 56	Aktivitätsstörung tags, Schiene, ZEUS 2003 .....	60
Abbildung 57	Gesamtgestörtheit tags, Schiene, ZEUS 2003 .....	60
Abbildung 58	Nachtstörung Schiene, ZEUS 2003 .....	61
Abbildung 59	Störwirkung Schiene, 24 h, ZEUS 2004 .....	61
Abbildung 60	Störwirkung tags, Straße, ZEUS 2003 .....	62
Abbildung 61	Störwirkung nachts, Straße, ZEUS 2004 .....	63
Abbildung 62	Schlafstörungen, Straßen und Schiene, Moehler et al. 2000 .....	65
Abbildung 63	Aufwachreaktionen, Finegold and Bartolomew 2001 .....	66
Abbildung 64	Schlafstörungen, Straße und Schiene, Hoeger et al. 2002 .....	67
Abbildung 65	Aufwachwahrscheinlichkeiten, Flug, UBA 2004 .....	67
Abbildung 66	Dosis-Wirkungskurven für Schlafstörungen, Miedema 2007 .....	69
Abbildung 67	Reaktionen auf nächtlichen Straßenverkehrslärm, WHO 2007 .....	72
Abbildung 68	Reaktionen auf nächtlichen Fluglärm, WHO 2007 .....	72
Abbildung 69	Selbstberichtete Schlafstörung in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel außen, Aasvang et al. 2008 .....	74
Abbildung 70	Selbstberichtete Schlafstörung in Abhängigkeit vom Maximalpegel außen, Aasvang et al. 2008 .....	74
Abbildung 71	Aufwachreaktionen , VDI 3377_2, 2007 .....	76
Abbildung 72	OR für Angina pectoris tags, Perioden-Prävalenz, Straße, Maschke 2003 .....	78
Abbildung 73	OR für Angina pectoris nachts, Perioden-Prävalenz, Straße, Maschke 2003 .....	79
Abbildung 74	OR für Myokardinfarkt nachts, Lebenszeit-Prävalenz, Straße, Maschke 2003 .....	80
Abbildung 75	OR für Myokardinfarkt tags, NaRoMi, Straße, Babisch 2004 .....	80
Abbildung 76	OR für Myokardinfarkt deskriptive und analytische Studien, Straße, Babisch 2006 .....	82
Abbildung 77	OR für Myokardinfarkt, polynomialer Kurvenfit, Straße, Babisch 2006 .....	82

Abbildung 78	OR für Myokardinfarkt, Straße, Babisch 2008.....	83
Abbildung 79	OR für Myokardinfarkt, Straße, Selander et al. 2009.....	84
Abbildung 80	OR für BHD tags, Perioden-Prävalenz, Straße, Maschke 2003.....	85
Abbildung 81	OR für BHD nachts, Perioden-Prävalenz, Straße, Maschke 2003.....	85
Abbildung 82	OR für BHD Straßenverkehrslärm nachts, Perioden-Prävalenz, geöffnete Fenster, Maschke 2003 .....	86
Abbildung 83	OR für mittlere Belästigung, Perioden-Prävalenz, Flug, Niemann et al. 2004a .....	87
Abbildung 84	OR für mittlere Belästigung, Perioden-Prävalenz, Flug, Niemann et al. 2004a .....	87
Abbildung 85	OR für Verkehrslärm starke Belästigung, Perioden-Prävalenz, Niemann et al. 2004b .....	88
Abbildung 86	OR für Schlafstörungen, Perioden-Prävalenz, Niemann et al. 2004b.....	88
Abbildung 87	OR für BHD, Straße, de Kluizenaar et al. 2007 .....	90
Abbildung 88	RR für BHD, Flug, Eriksson et al. 2007 .....	91
Abbildung 89	OR für BHD, Flug, Jarup et al. 2008 .....	93
Abbildung 90	OR für BHD Flug, Jarup et al. 2008 .....	94
Abbildung 91	Auswirkungen des Lärms und ausgewählte Kostenbereiche, ARE 2004.....	101
Abbildung 92	WTP, Straße, INFRAS / IWW 2004.....	107
Abbildung 93	Kostenfunktion, LfU 2005.....	115

## Tabellen

Tabelle 1	Vergleich von Werten und Konfidenzintervallen (Miedema 1998, Schultz, Fidell et al.).....	9
Tabelle 2	Vergleich von Werten und Konfidenzintervallen (Miedema 2001; Schultz; Fidell et al.).....	14
Tabelle 3	Moderatorvariable für das Belästigungsurteil, Lärmstudie 2000, 2005 .....	36
Tabelle 4	Schwellenwerte für Gesundheitsbeeinträchtigung durch nächtlichen Lärm (ausreichende Evidenz), WHO 2007.....	70
Tabelle 5	Schwellenwerte für Gesundheitsbeeinträchtigung durch nächtlichen Lärm (begrenzte Evidenz), WHO 2007 .....	71
Tabelle 6	OR für Myokardinzidenz, NaRoMi, Babisch 2004.....	81
Tabelle 7	Zusammenhang zwischen Lärmbelästigung und Myokardrisiko, NaRoMi, Straße, Babisch 2004.....	81
Tabelle 8	OR für BHD, Bluhm et al. 2007 .....	92

Tabelle 9	OR für BHD.....	92
Tabelle 10	Zunahme des Medikamentenverbrauchs durch nächtlichen Fluglärm, Greiser et al. 2007.....	96
Tabelle 11	Zahlungsbereitschaften, Flug, Navrud 2002 .....	104
Tabelle 12	Berücksichtigte gesundheitliche Auswirkungen, Bickel und Schmid 2002 (UNITE) .....	105
Tabelle 13	Häufigkeiten der gesundheitlichen Beeinträchtigungen, Bickel und Schmid 2002 (UNITE).....	105
Tabelle 14	Kostensätze, Bickel und Schmid 2002 (UNITE).....	106
Tabelle 15	Studien zur Erhöhung des Herzinfarkttrisikos, INFRAS 2005 .....	108
Tabelle 16	Zahlungsbereitschaften, INFRAS 2005.....	108
Tabelle 17	Monetäre Werte für Gesundheitseffekte, Schmid 2005.....	108
Tabelle 18	Zahlungsbereitschaften HEATCO, Straße, Navrud et al.2006 .....	109
Tabelle 19	Zahlungsbereitschaften HEATCO, Schiene, Navrud et al.2006.....	110
Tabelle 20	Empfohlene Zahlungsbereitschaften HEATCO, Straße, Navrud et al.2006.....	110
Tabelle 21	Empfohlene Zahlungsbereitschaften HEATCO, Schiene, Navrud et al.2006.....	110
Tabelle 22	Lärmkosten pro Belasteten, Maibach et al. 2007a.....	111
Tabelle 23	Vergleich von Lärmkosten pro Belasteten, Straße, Maibach et al. 2007a .....	111
Tabelle 24	Monetäre Werte für Gesundheitseffekte, Maibach et al. 2007b .....	112
Tabelle 25	Lärmkosten pro Belasteten, Maibach et al. 2007b .....	113
Tabelle 26	VOSL-Werte, ARE 2004.....	116
Tabelle 27	Kostenansätze, ARE 2004 .....	117





## 1 Wirkungen des Lärms

Neben Hörschädigungen bei sehr hohen Pegeln (bspw. am Arbeitsplatz, in Diskotheken oder beim Walkmanhören) hat Lärm in „mittleren“ Pegelbereichen ein erhebliches Potential, gesundheitliche Beeinträchtigungen und Belästigungsreaktionen hervorzurufen.

Dazu gehören subjektive und intersubjektive Reaktionen wie Belästigung („annoyance“), Unzufriedenheit und Gereiztheit, Störungen („disturbance“) insbesondere der Kommunikation und der Aufmerksamkeit, Verringerung der Sprachverständlichkeit, aber auch Schlafstörungen (Einschlafschwierigkeiten, Aufwachreaktionen, Veränderung von Schlafqualität und Schlafentiefe) sowie physiologische (bspw. Veränderung des Hautleitwiderstandes, Erhöhung der Pulsfrequenz) und psychologische Reaktionen. Insbesondere bei längerer Lärmeinwirkung ist ein erhöhtes Risiko krankhafter körperlicher Veränderungen gegeben (bspw. Blutdrucksteigerung, ischämische Herzkrankheiten, psychische Erkrankungen), vgl. dazu bspw. **Porter et al.**<sup>1</sup>, **Griefahn**<sup>2</sup>, **Stansfeld et al.**<sup>3</sup>, **Lee und Fleming**<sup>4</sup>, **WHO**<sup>5</sup>.

Dosis-Wirkungsrelationen versuchen einen Zusammenhang zwischen Exposition (i.a. Schalldruckpegel für einen bestimmten Zeitraum) und bspw. Belästigung oder Schlafstörung aufzuzeigen. Das Lästigkeitsurteil wird jedoch auch durch andere Faktoren (sog. Moderatoren), wie bspw.

- Individuelle Lärmempfindlichkeit
- Zeitpunkt des Auftretens des Geräuschs im Tages- bzw. Nachtverlauf
- Aufenthaltsort (innen / außen)
- Art der Tätigkeit
- Einstellung zur Lärmquelle
- Gefühl des Ausgeliefertseins oder des Damit-Umgehen-Könnens
- Vertrauen in die mit der Lärmbekämpfung betrauten Institutionen
- Zugang zu einer ruhigen Fassade
- Entfernung von der Quelle
- Sichtbarkeit der Quelle
- Bewältigungsvermögen
- Alter
- Einschätzung der Belästigung in der Zukunft
- Jahreszeit
- Stellenwert der Lärmproblematik in der öffentlichen Wahrnehmung

mitgeprägt. So gehen **Brink et al.**<sup>6</sup> davon aus, dass nur ca. 15 % der Varianz des Lästigkeitsurteils ihre Erklärung in der Exposition finden. Andere Quellen (bspw. Guski)<sup>7</sup> gehen von 1/3 aus.

Alle Zusammenhänge zwischen den Lärmwirkungen (Belästigung, Schlafstörung usw.) und der Exposition sollten gemäß **Porter et al.**<sup>1</sup> den gleichen prinzipiellen S-förmigen Verlauf aufweisen, auch wenn infolge der Schwankungen der individuellen Datenpunkte die konkrete Kurvenform mehr durch die zugrundeliegende statistische Auswertung als die tatsächlichen Daten geprägt ist: Die Effekte sind bei sehr geringen Pegeln (unterhalb eines effektspezifischen Schwellenwerts) vernachlässigbar und nehmen bei geringen Pegeln erst wenig, bei höheren Pegeln stärker zu, um bei hohen Pegeln einen Wert von 100 % (Sättigung) zu erreichen.

Insbesondere auf die Belästigung, Störungswirkung, Schlafstörungen sowie die Erhöhung des Risikos von Herzinfarkten und Bluthochdruck unter Lärmeinwirkung soll im folgenden eingegangen werden.

Viele dieser Lärmwirkungen haben auch direkte monetäre Auswirkungen. So ist der Wertverlust von Immobilien mit der Kenntnis über die mit dem Lärm einhergehende Belästigung und Störungswirkung (aber i.a. nicht die gesundheitliche Gefährdung) zu erklären. Gesundheitliche Beeinträchtigungen ziehen neben Behandlungskosten auch durch Ausfallzeiten bedingte gesamtgesellschaftliche Kosten sowie Leiden des Betroffenen und der ihm nahe stehenden Personen nach sich. Diese Aspekte werden bei der Entwicklung einer Dosis-Kostenfunktion betrachtet.

Die Literatur zu diesen Lärmauswirkungen ist außerordentlich umfangreich. Deshalb werden in dieser Arbeit, nach einer kurzen historischen Einordnung der Dosis-Wirkungsrelationen, im wesentlichen Arbeiten, die nach 2000 erschienen sind, berücksichtigt. Dabei wird keineswegs ein vollständiger Literaturüberblick angestrebt; es werden auch nur diejenigen Aspekte der Arbeiten aufgegriffen, die Aussagen zur Dosis-Wirkung bzw. Monetarisierung enthalten. Insbesondere bei umfangreichen Studien (bspw. WHO) sind deshalb nur Ausschnitte der Gesamtarbeit berücksichtigt.

## 2 Historische Bemerkungen zu den Dosis-Wirkungsrelationen

Mit der verstärkten Entwicklung des nationalen und internationalen Flugverkehrs ab Mitte der 50-iger Jahre des 20. Jahrhunderts rückte auch zunehmend das damit verbundene Lärmproblem in den Vordergrund (vgl. dazu die Ausführungen in **Finegold und Finegold**<sup>8</sup>). Erste Studien versuchten zunächst Aussagen zur Lärmexposition durch den Flugverkehr zu machen; später folgten auch Untersuchungen, die sich mit der Exposition durch Schienen- und Straßenverkehrslärm beschäftigten. Zunehmend wurde nicht nur die Frage der Exposition behandelt, sondern, damit verbunden, die der Lärmwirkungen auf die betroffenen Menschen.

Eine Vielzahl solcher Studien wurde 1978 durch **Schultz**<sup>9, 10</sup> analysiert. Dabei wurde zur Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Exposition und Lärmwirkung (Dosis-Wirkungsrelation) das Konzept „highly annoyed“ eingeführt, welches zunächst längere Zeit kontrovers diskutiert wurde (bspw. **Kryter 1982**<sup>11</sup>, **Job 1988**<sup>12</sup>, **Schomer 2001**<sup>13</sup>, **Fidell 2003**<sup>14</sup>), sich aber mittlerweile weitgehend durchgesetzt hat. **Fidell, Barber und Schultz**<sup>15</sup> führten 1991 eine Reanalyse dieser Datensätze durch, ebenso **Finegold et al.**<sup>16</sup> und **Finegold und Finegold**<sup>8</sup>. Eine weitere Datenbearbeitung wurde 1998 durch **Miedema und Vos**<sup>17</sup>

vorgenommen; das der Auswertung zugrundeliegende Modell wurde 2001<sup>18</sup> verfeinert und an den Expositionsparameter  $L_{den}$  angepasst.

## 2.1 Schultz (1978) und Fidell et al. (1991)

Im Jahr 1978 wurde durch Schultz die erste umfassende Analyse und Zusammenfassung der bis dahin erschienenen Studien zu den Wirkungen von Lärm der Quellen Schienen-, Straßen- und Flugverkehr veröffentlicht. Berücksichtigt wurden 18 Studien. Bei der Analyse zeigte es sich, dass, obwohl Bewohner der gleichen Lärmexposition ausgesetzt waren, ihre individuelle Belästigung in großem Umfang unterschiedlich war<sup>1</sup>. Die Belästigung wurde dabei i.a. durch eine Belästigungsskala (annoyance scale) beschrieben, die jedoch je nach Studie unterschiedliche Ausprägungen aufwies (verbal, numerisch). Insbesondere bei einer verbalen Belästigungsskala hatte die Bezeichnung der obersten Belästigungskategorie einen deutlichen Effekt auf das Studienergebnis. Mit der Analyse der Studien wurde auch deutlich, dass nicht-akustische Parameter (bspw. Einstellung gegenüber Lärm im allgemeinen oder gegenüber der Quelle im besonderen) eine erhebliche Rolle spielten. Die Exposition hingegen ist eine der geringsten Einflussgrößen<sup>2</sup>.

Allerdings zeigte es sich auch, dass in den lärmausgesetzten Gebieten, in denen eine extreme Exposition vorlag, die Antworten auf die Frage nach der Belästigung weniger streuten. Daraus zog Schultz den Schluss, dass, wenn Menschen sehr hohen Pegeln ausgesetzt sind, die Rolle der nicht-akustischen Parameter in den Hintergrund tritt und die Korrelation zwischen Exposition und Belästigung hoch ist, sowohl für das Individuum als auch im Mittel. Weiterhin ist eine Vergleichbarkeit der Belästigungsangaben aus den verschiedenen Studien besser sicherzustellen, wenn ein Fokus auf die starke Belästigung gelegt wird (obere Endpunkte der Skalen). Aus diesen Überlegungen heraus kam Schultz zu dem Schluss, dass es nur sinnvoll sei, eine „Dosis-Wirkungsbeziehung“ zwischen dem Anteil Hochbelästigten („highly annoyed“) und dem Pegel herzustellen. Dabei ist „highly annoyed“ keine a priori gegebene Größe; Schultz definierte als „highly annoyed“ unter Berücksichtigung der benutzten Belästigungsschritte (bspw. 7 Schritte, 11 Schritte) die obersten 27–29 % der von 0 bis 100 % reichenden Belästigungsskala. Nur 11 der ursprünglichen Studien ließen eine Auswertung in diesem Sinne zu; allerdings wurden nach Abschluss der Arbeiten noch 4 neue Studien hinzugenommen. Als Größe, in der die Exposition angegeben wird, wählte Schultz den  $L_{dn}$ . Dabei umfasst der Day-Zeitraum 15 Stunden und der Night-Zeitraum entsprechend 9 Stunden. Mit einem kubischen Fit an die Daten erhielt Schultz den

---

<sup>1</sup> Schon in den ersten Studien erwies sich die Korrelation zwischen der Exposition und der individuellen Belästigungsreaktion als schlecht; typische Korrelationskoeffizienten lagen zwischen 0,3 und 0,4. Durch eine Zusammenfassung der Belästigungsantworten und eine Mittelung (Median) konnte der Korrelationskoeffizient auf ca. 0,8 erhöht werden.

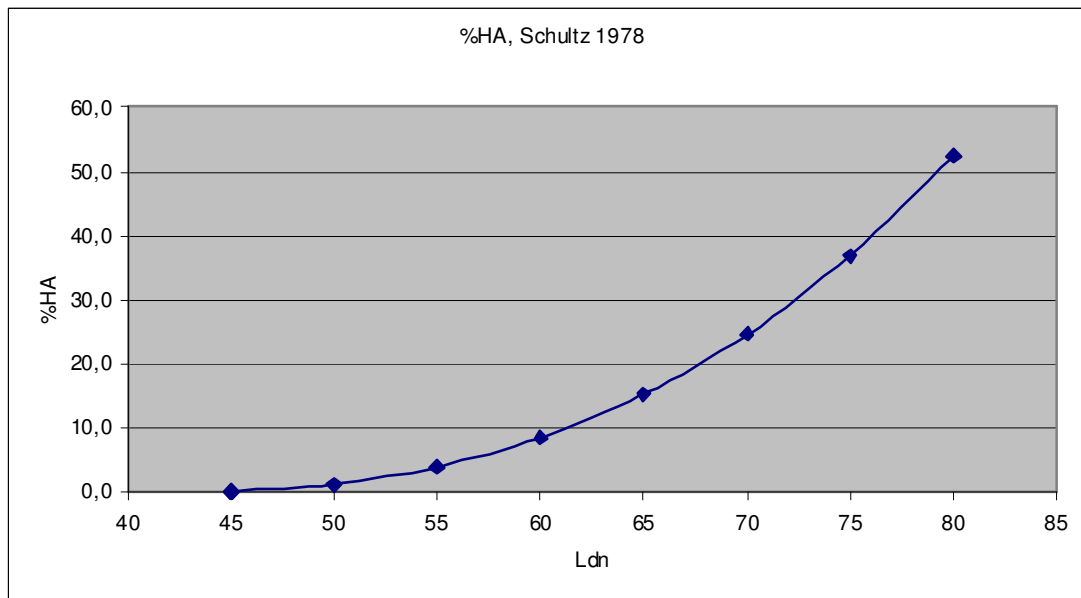
<sup>2</sup> Einen wesentlichen weiteren Einflussfaktor sah Schultz darin, ob der Pegel innen oder außen ermittelt wird. Eine hohe Korrelation zwischen Pegel und Belästigungsantwort ergibt sich nur dann, wenn der Pegel innen bei offenem Fenster ermittelt wird. Das deckt sich bspw. auch mit den Aussagen der Schweizer Lärmstudie 2000.

in Gleichung 1 beschriebenen Zusammenhang zwischen dem Anteil hochbelästigter Personen % HA („highly annoyed“) und der Exposition ( $L_{dn}$ ).

$$\%HA = 0,8553L_{dn} - 0,0401L_{dn}^2 + 0,00047L_{dn}^3 \quad \text{Gleichung 1}$$

Der Gültigkeitsbereich dieses Zusammenhangs umfasst Pegel mit  $45 \text{ dB(A)} \leq L_{dn} \leq 85 \text{ dB(A)}$  und ist für alle Lärmarten gleich. Für  $45 \text{ dB(A)}$  ist %HA gleich Null. Die Abbildung 1 verdeutlicht den Zusammenhang.

Abbildung 1 %HA, Schultz 1978



Durch **Fidell et al.**<sup>15</sup> wurde 1991 eine Aufarbeitung und Erweiterung der Arbeit von Schultz vorgenommen: 15 neu erschienene Studien wurden berücksichtigt, wenn sie den folgenden Kriterien genügten:

- (1) Langzeitbelästigung direkt erfragt
- (2) Verkehrslärmquelle, Erfassung der Exposition durch Messung
- (3) Exposition muss sich in  $L_{dn}$  umrechnen lassen oder als solche angegeben sein
- (4) Ausreichender Datenumfang
- (5) Belästigung muss sich als „highly annoyed“ darstellen lassen

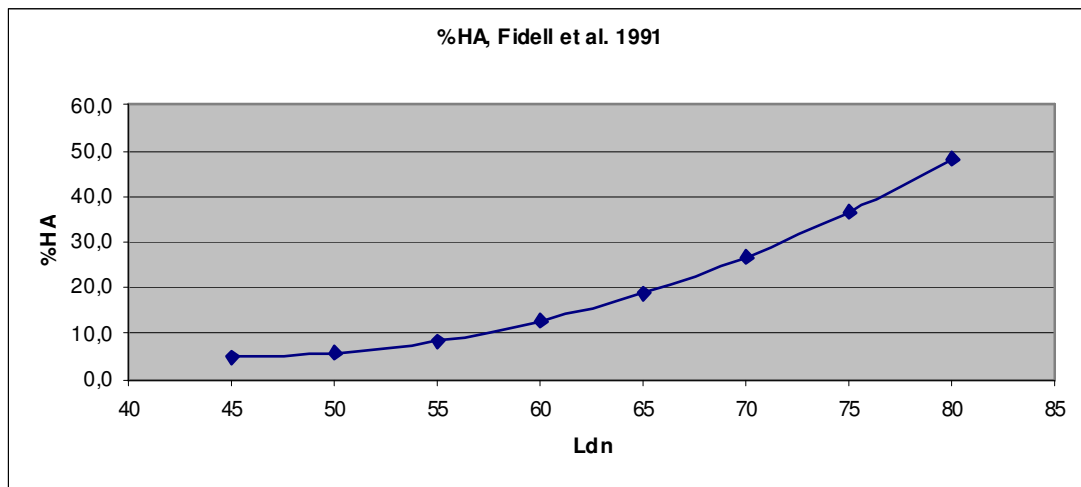
Mit einem quadratischen Fit<sup>3</sup> erhielten Fidell et al. den in Gleichung 2 aufgeführten Zusammenhang, der auf alle Verkehrslärmarten anwendbar ist.

$$\%HA = 78,9181 - 3,2645L_{dn} + 0,0360L_{dn}^2 \quad \text{Gleichung 2}$$

<sup>3</sup> Zur Begründung wurde angeführt, dass ein kubischer Fit keine deutlich bessere Varianz-Erklärung liefert; ein quadratischer Fit ist der einfachere mathematische Zusammenhang, es gibt keine theoretischen Hinweise aus der Lärmwirkungsforschung darauf, welche mathematische Funktion die „richtige“ wäre.

Die Abbildung 2 verdeutlicht den Zusammenhang.

Abbildung 2 %HA, Fidell et al. 1991



Für Pegel höher als ca. 75 dB(A) liefert diese Dosis-Wirkungsbeziehung höhere Betroffenheiten als die „Schultz-Kurve“. Ob dieses an der zeitlichen Zunahme der Belästigung (Einbeziehung von Studien, die zwischen 1977 und 1985 erschienen, also deutlich jüngeren Datums als die der Schultz-Analyse zugrundeliegenden Studien sind) oder aber an dem quadratischen Fit, mit dem der Dosis-Wirkungszusammenhang modelliert wurde, liegt, ist nicht ausgeführt.

## 2.2 Finegold et al. (1994)

**Finegold et al.**<sup>16, 8</sup> analysierten die der Arbeit von Fidell et al. 1991 zugrundeliegenden Datensätze erneut und fügten ein weiteres Kriterium für die Verwendbarkeit eines Datensatzes an:

(6) Es ist eine signifikante Korrelation zwischen Exposition und Betroffenheitsurteil vorhanden.

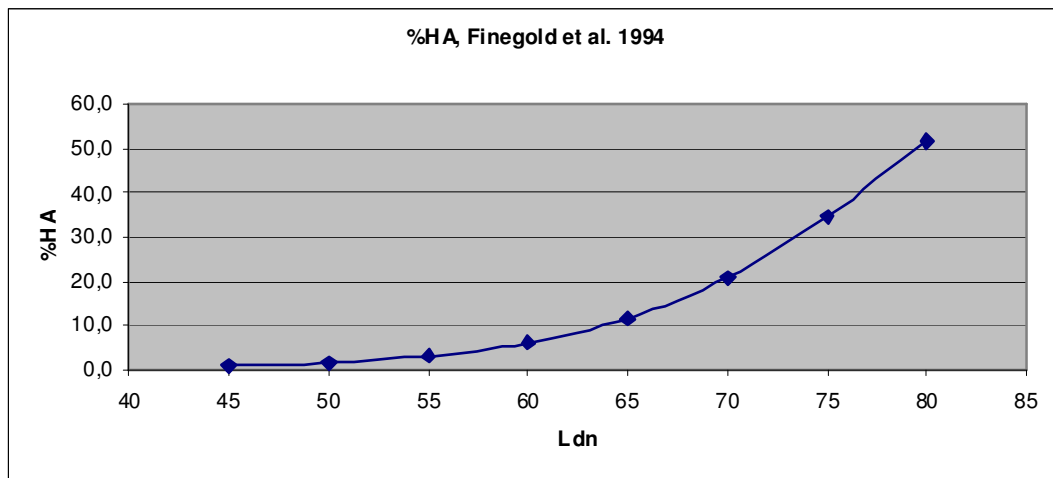
Infolgedessen wurden 6 Datensätze ausgeschlossen. Die Daten wurden einem logistischen Fit unterzogen; der in der Gleichung 3 angegebene Dosis-Wirkungszusammenhang, der auf alle Verkehrslärmarten anwendbar ist, wurde aufgestellt.

$$\%HA = \frac{100}{1 + e^{(11,13 - 0,14L_{dn})}}$$

Gleichung 3

Die Abbildung 3 verdeutlicht den Zusammenhang.

Abbildung 3 %HA, Finegold et al. 1994



Der logistische Kurvenverlauf wird gewählt, um ein asymptotisches Annähern an %HA = 0 bei ca. 45 dB(A) bzw. %HA = 100 bei sehr hohen Pegeln zu ermöglichen. Dieser Dosis-Wirkungszusammenhang wurde in den ANSI-Setzungen implementiert.

Schon die Datenanalyse von Fidell gab erste Hinweise darauf, dass Fluglärm belastender wirken könnte als der Lärm von Straße oder Schiene. Deshalb wurden die Datenpunkte (173 für Fluglärm, 170 für Straßenverkehrslärm (traffic noise) und 57 für Schienenverkehrslärm) dahingehend untersucht, ob lärmartbedingte Unterschiede in den Belästigungswirkungen nachweisbar sind. Entsprechende Kurven wurden angegeben; aus diesen wird deutlich, dass Schienen- und Straßenverkehrslärm geringere Belästigungen hervorrufen als Fluglärm. Allerdings betonen Finegold et al., dass bei der Interpretation der Kurven Vorsicht geboten ist, da insbesondere in hohen Pegelbereichen für Schienen- und Straßenverkehrslärm nur wenige Datenpunkte vorhanden waren. Ferner sollte die Unsicherheit bei der Messung der Lärmexposition innerhalb, aber auch zwischen den Studien berücksichtigt werden. In den USA wurde die Anforderung gestellt, dass sich die Kurven innerhalb ihres gesamten Gültigkeitsbereichs um mindestens 5 dB unterscheiden müssen, um eine wirklich unterschiedliche Reaktion der Bevölkerung auf diese verschiedenen Lärmarten zu offenbaren.

## 2.3 Miedema et al. ab 1998

1998 veröffentlichten **Miedema und Vos**<sup>17</sup> eine erneute Analyse der in Schultz und Fidell et al. verwendeten Daten (20 Studien zu Fluglärm, 26 Studien zu Straßenverkehrslärm und 9 Studien zu Schienenverkehrslärm). Die Studien wurden zwischen 1965 und 1993 durchgeführt, wobei ein Großteil vor 1990 veröffentlicht wurde. Die beiden nach 1990 erschienenen Fluglärmstudien (1990 / 1991 sowie 1991 / 1992) haben militärischen Fluglärm zum Inhalt. Zwei der Straßenverkehrsstudien sowie zwei der Studien zum Schienenverkehrslärm wurden nach 1990 erstellt.

Der Anteil „highly annoyed“ wird in Anlehnung an Schultz und Fidell als der Anteil Betroffener definiert, die ein Belästigungsurteil abgeben, das oberhalb eines Cut-Off-Punkts von 72 (auf einer Skala von 0 bis 100) liegt.

Als Maß für die Lärmexposition wird wiederum  $L_{dn}$  verwendet, wobei der zugrundeliegende  $L_{Aeq}$  entweder gemessen oder berechnet wurde und sich, wo möglich, auf die am stärksten belastete Fassade beziehen soll. Allerdings wird festgestellt, dass in den Studien eine Information darüber häufig nicht zu finden ist, so dass nicht von einer einheitlichen Herangehensweise zur Bestimmung der Exposition ausgegangen werden kann.

Bei der Analyse der Daten wurden zunächst alle „extremen“ Expositionen ( $< 45$  dB(A) und  $> 75$  dB(A)) ausgeschlossen. Da es sich zeigte, dass von  $\%HA = 0$  bei ca. 42 dB(A) auszugehen ist, wurde bei diesem Pegel ein künstlicher Cut-Off gesetzt. Mit einem Least-Square-Fit und sowie einem Multi-Level-Fit konnten quadratische Zusammenhänge zwischen Belästigung ( $\%HA$ ) und Exposition ( $L_{dn}$ ) für jede Lärmart separat aufgestellt werden. Die nachfolgenden Gleichungen geben die Zusammenhänge wieder, die mittels Multi-Level-Analyse gewonnen wurden.

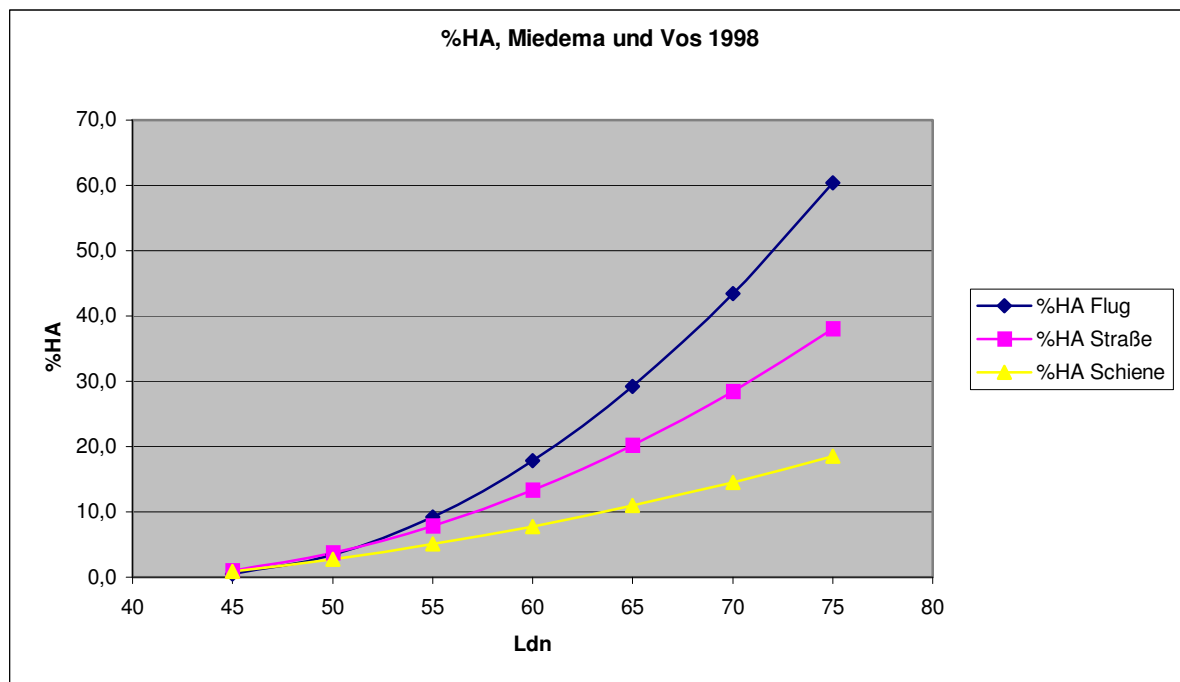
Fluglärm:	$\%HA = -0,02(L_{dn} - 42) + 0,0561(L_{dn} - 42)^2$	Gleichung 4
-----------	-----------------------------------------------------	-------------

Straßenlärm:	$\%HA = 0,24(L_{dn} - 42) + 0,0277(L_{dn} - 42)^2$	Gleichung 5
--------------	----------------------------------------------------	-------------

Schienenlärm:	$\%HA = 0,28(L_{dn} - 42) + 0,0085(L_{dn} - 42)^2$	Gleichung 6
---------------	----------------------------------------------------	-------------

Die Abbildung 4 verdeutlicht die Zusammenhänge.

Abbildung 4 Dosis-Wirkungsrelationen  $\%HA$ , Miedema und Vos 1998

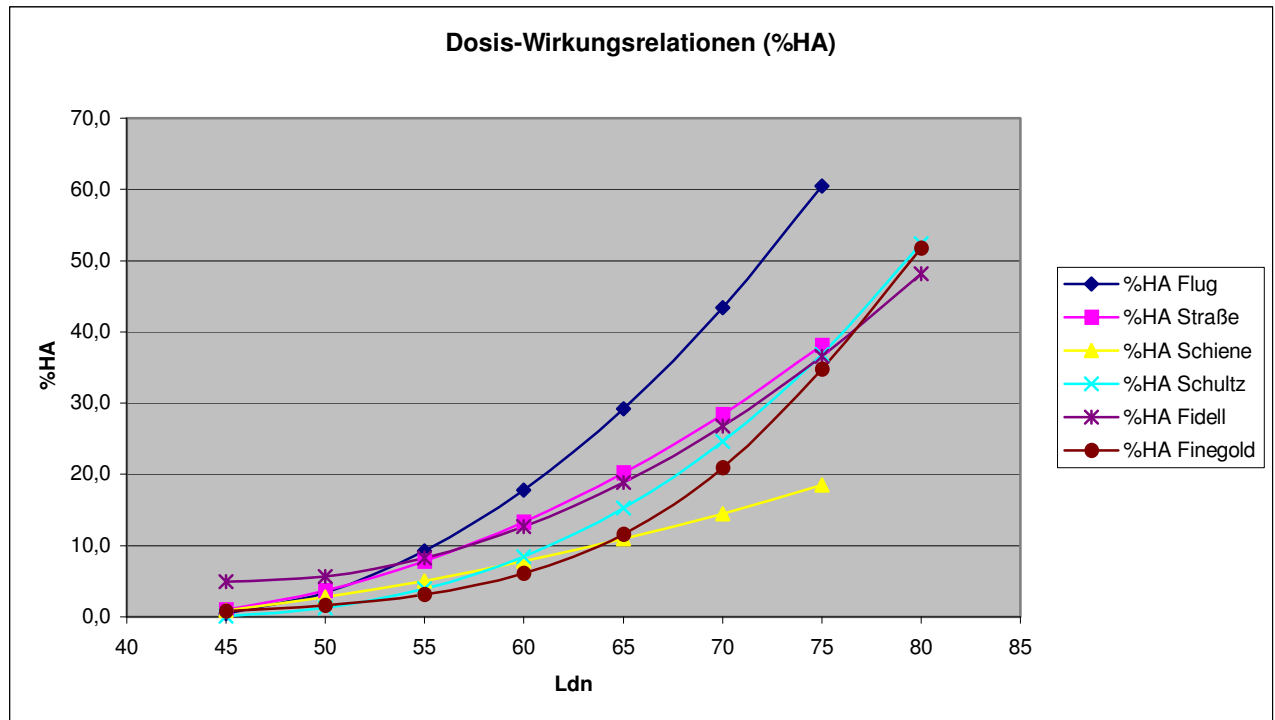




Die Konfidenzintervalle schließen sich bei höheren Pegeln aus, was darauf hindeutet, dass bei hohen Expositionen jede Lärmart ihre eigene Dosis-Wirkungsbeziehung aufweist.

Die nachfolgende Graphik stellt die bisher erläuterten Dosis-Wirkungsrelationen gemeinsam dar.

Abbildung 5 Dosis-Wirkungsrelationen in %HA



Aus der Abbildung 5 wird deutlich, dass die %HA-Kurven für Flug- und Schienenlärm deutlich von den für alle Lärmarten gemeinsamen Kurven von Schultz, Fidell et al. und Finegold et al. abweichen. Das erstaunt in zweifacher Hinsicht: Zum einen liegen die %HA-Werte dieser Kurven ab ca. 70 dB(A) nicht innerhalb der von Schultz und Fidell et al. angegebenen beidseitigen Konfidenzintervalle (vgl. Tabelle 1). Unterhalb von 70 dB(A) liegen die %HA-Werte am Rand der Intervalle. Zum anderen betonen Miedema und Vos, dass sich die Konfidenzintervalle bei hohen Pegeln gegenseitig ausschließen; diese Konfidenzintervalle, die hier aus ihrer Fig. 3 abgeschätzt wurden, überlappen kaum mit denen, die von Schultz und Fidell et al. angegeben wurden. Die %HA-Kurve für Straßenverkehrslärm ist ab ca. 55 dB(A) nahezu mit der Kurve nach Fidell et al. identisch.

Tabelle 1 Vergleich von Werten und Konfidenzintervallen (Miedema 1998, Schultz, Fidell et al.)

$L_{dn}$ [dB(A)]	%HA-Konfidenzintervall 90 %, abgeschätzt nach Fig. 6, Schultz	%HA-Konfidenzintervall 95 %, abgeschätzt nach Fig. 15, Fidell et al.	%HA-Wert, Miedema und Vos, KI abgeschätzt nach Fig. 3
65	[8, 30]	[9,28]	Flug: 29,2 Straße: 20,2 Schiene: 10,9
70	[14, 40]	[17,37]	Flug: 43,4 (KI [37, 57]) Straße: 28,4 Schiene: 14,5 (KI [12, 18])
75	[23, 53]	[24, 48]	Flug: 60,4 (KI [50, 76]) Straße: 38,1 Schiene: 18,5 (KI [17, 23])

2001 veröffentlichten **Miedema und Oudshoorn**<sup>18</sup> Dosis-Wirkungskurven und Konfidenzintervalle bezogen auf die durch  $L_{dn}$  und  $L_{den}$ <sup>4</sup> (<sup>19,20</sup>) ausgedrückte Exposition. Die Studien werden daraufhin analysiert, ob eine Umrechnung auf den Expositionspegel  $L_{den}$  möglich ist; damit fallen von den 26 Studien zum Straßenverkehrslärm 8 heraus (vgl. Table 2)<sup>5</sup>. Die Datengrundlage ist ansonsten die gleiche wie 1998 (die allerneuesten Datensätze sind mittlerweile 10 Jahre alt); zur Auswertung wird ein verfeinertes Modell herangezogen. Datensätze mit „extremen“ Pegeln (< 45 dB(A) bzw. > 75 dB(A)) werden wiederum ausgeschlossen.

Ausgangspunkt für das Modell ist ein linearer Zusammenhang (Miedema 1992<sup>21</sup>) zwischen der individuellen Belästigung A und der Exposition  $L_{dn}$  (oder  $L_{den}$ ). Hinzu kommt eine normalverteilte zufällige Komponente. Aufgrund dieser Normalverteilung kann die Wahrscheinlichkeit berechnet werden, dass die Belästigung einen bestimmten Schwellenwert (Cut-Off) übersteigt. Ist dieser gleich 72, erhält man den Prozentsatz Hochbelästigter („highly annoyed“) %HA. Darüber hinaus wird der Anteil Belästigter („annoyed“) %A durch den Schwellenwert 50 sowie der Anteil Geringbelästigter („little annoyed“) %LA durch den Schwellenwert 28 definiert. Hiermit wird von der ursprünglichen Rechtfertigung des Konzepts der Hochbelästigung %HA durch Schultz abgewichen. Eine Begründung für die Einführung dieser Kategorien wird nicht gegeben. Zur Approximation der dem Modell zugrundeliegenden Gaußschen Normalverteilung wird eine Kurvenapproximation durch ein Polynom 3. Grades verwendet. Weiterhin wird für den Dosis-Wirkungszusammenhang für %LA ein Schwellenwert von 32 dB(A) und für %A von 37 dB(A) eingeführt. Dieser Schwellenwert suggeriert, dass die Kurven auch für Pegel < 45 dB(A) anwendbar wären; entsprechende Datenpunkte wurden aber aus der Modellierung ausgeschlossen.

<sup>4</sup> Die Einführung von  $L_{den}$  wird mit Hinweis auf eine Studie von Miedema et al. (2000)<sup>19</sup> begründet, die für Fluglärm den besten Zusammenhang zwischen  $L_{den}$  und %HA aufzeigt. Die Verwendung des  $L_{den}$  als Lärmindikator in die EU-Umgebungs-lärmrichtlinie gründet sich wesentlich auf diesen Artikel. Der Lärmindikator  $L_{den}$  geht allerdings auf den in den Niederlanden im Rahmen des „Noise Abatement Act“ verwendeten  $L_{etm}$  zurück (s. de Jong und Miedema 1996<sup>20</sup>).

<sup>5</sup> Betrachtet man die mittlerweile durch die ISO 15666 standardisierte Abfragemethodik, erscheint eine Extraktion der Lärmbetroffenheit für den Abendzeitraum aus den Daten schwer realisierbar.

Folgende Zusammenhänge für %HA werden angegeben:

Exposition gegeben durch  $L_{dn}$ :

$$\text{Fluglärm, } L_{dn}: \quad \%HA = 0,342(L_{dn} - 42) + 4,081 \cdot 10^{-2}(L_{dn} - 42)^2 - 1,395 \cdot 10^{-4}(L_{dn} - 42)^3$$

Gleichung 7

$$\text{Straßenlärm, } L_{dn}: \quad \%HA = 0,538(L_{dn} - 42) - 1,523 \cdot 10^{-2}(L_{dn} - 42)^2 + 9,994 \cdot 10^{-4}(L_{dn} - 42)^3$$

Gleichung 8

$$\text{Schienenlärm, } L_{dn}: \quad \%HA = 0,163(L_{dn} - 42) - 7,774 \cdot 10^{-3}(L_{dn} - 42)^2 + 7,158 \cdot 10^{-4}(L_{dn} - 42)^3$$

Gleichung 9

Exposition gegeben durch  $L_{den}$ :

$$\text{Fluglärm, } L_{den}: \quad \%HA = 0,2939(L_{den} - 42) + 3,932 \cdot 10^{-2}(L_{den} - 42)^2 - 9,199 \cdot 10^{-5}(L_{den} - 42)^3$$

Gleichung 10

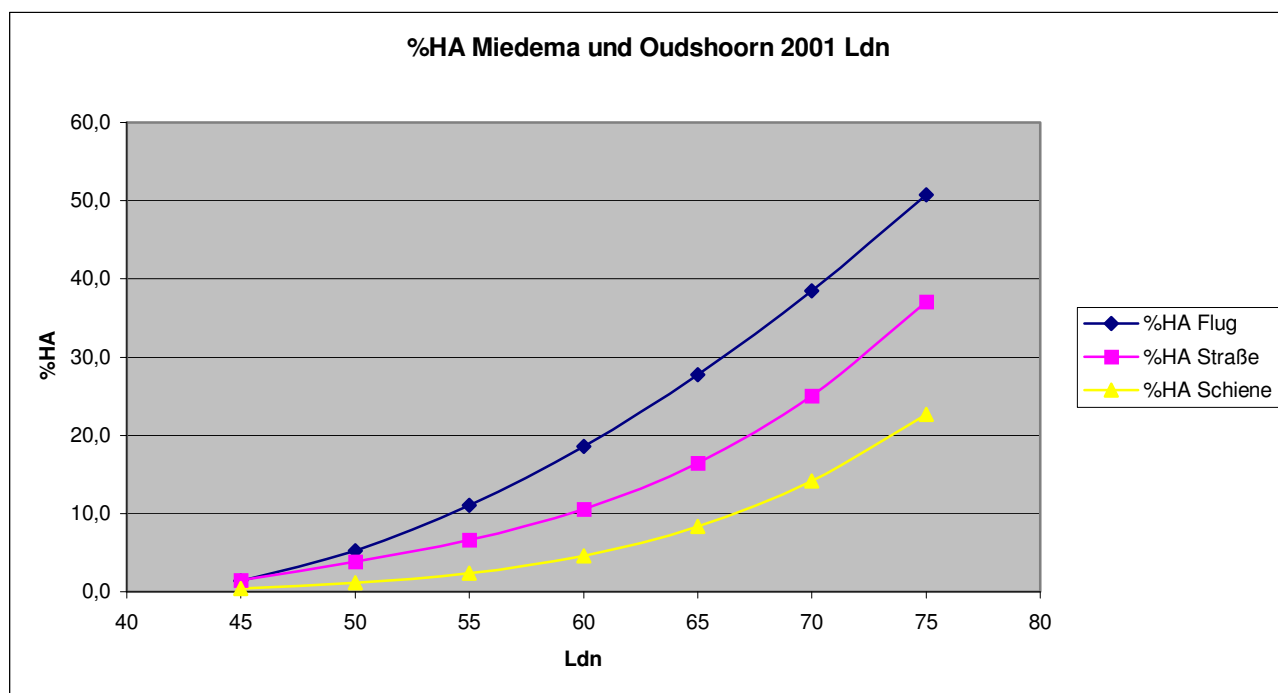
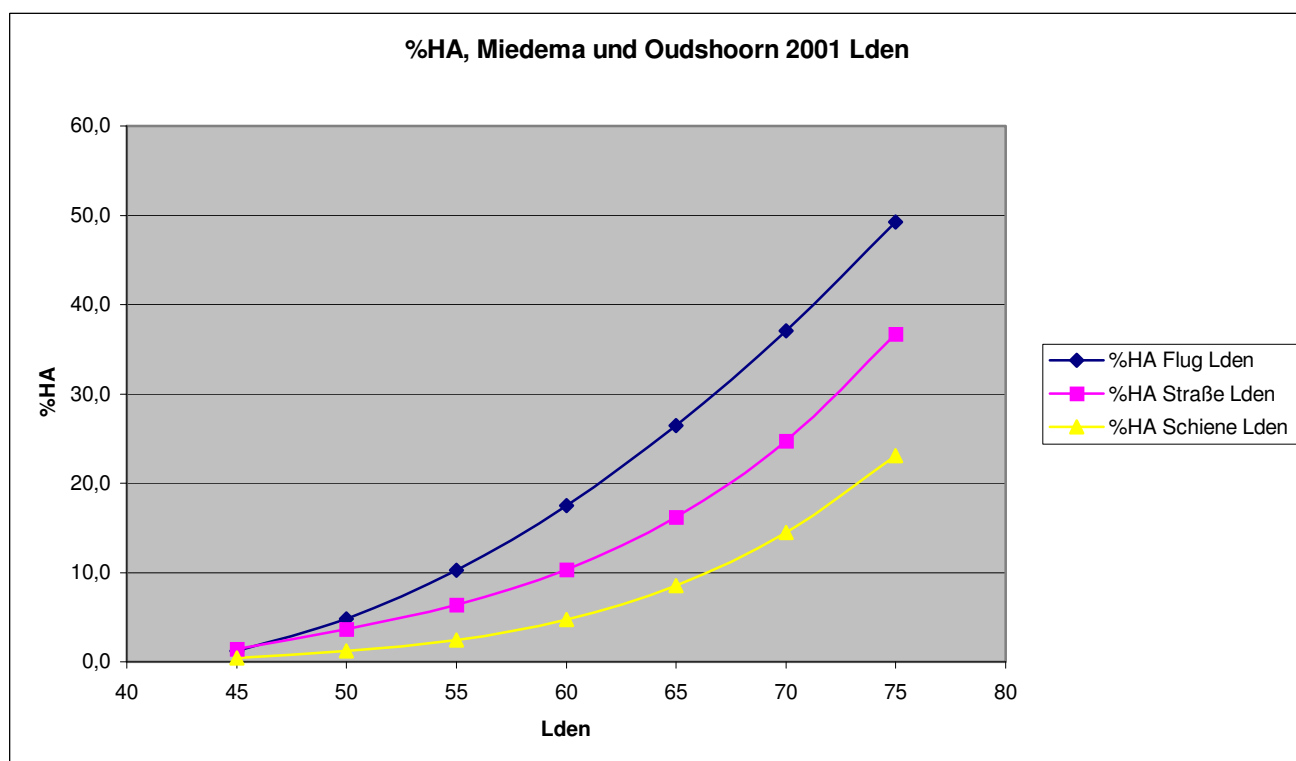
$$\text{Straßenlärm, } L_{den}: \quad \%HA = 0,5118(L_{den} - 42) - 1,436 \cdot 10^{-2}(L_{den} - 42)^2 + 9,868 \cdot 10^{-4}(L_{den} - 42)^3$$

Gleichung 11

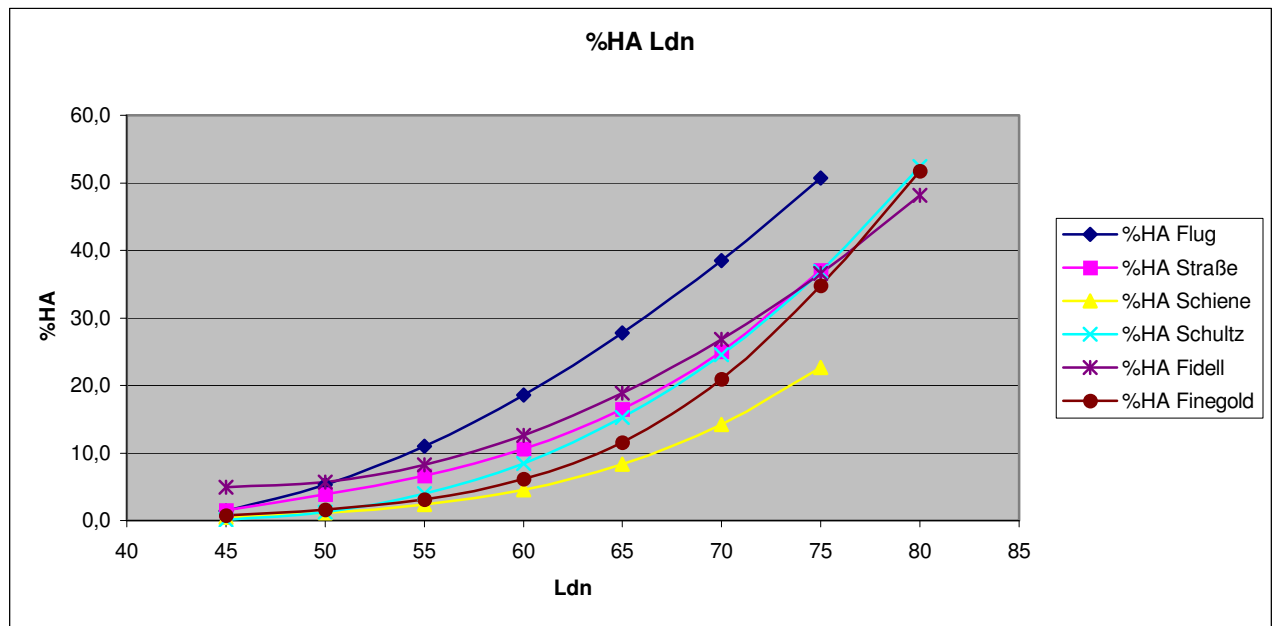
$$\text{Schienenlärm, } L_{den}: \quad \%HA = 0,1695(L_{den} - 42) - 7,851 \cdot 10^{-3}(L_{den} - 42)^2 + 7,239 \cdot 10^{-4}(L_{den} - 42)^3$$

Gleichung 12

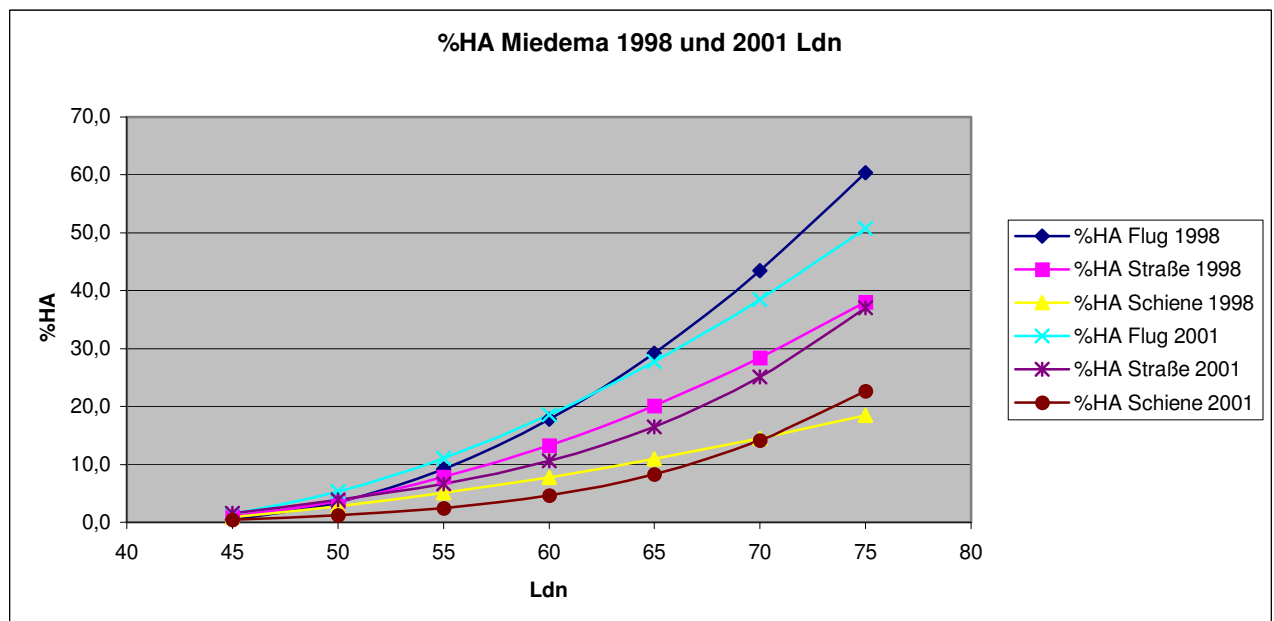
Die nachfolgenden Abbildungen 6 und 7 stellen die Dosis-Wirkungszusammenhänge graphisch dar.

Abbildung 6 %HA  $L_{dn}$ , Miedema und Oudshoorn 2001Abbildung 7 %HA  $L_{den}$ , Miedema und Oudshoorn 2001

Ein direkter Vergleich dieser Kurven mit denen von Schultz; Fidell et al. und Finegold et al. ist nur für  $L_{dn}$  möglich; die Abbildung 8 stellt diese Kurven gegenüber.

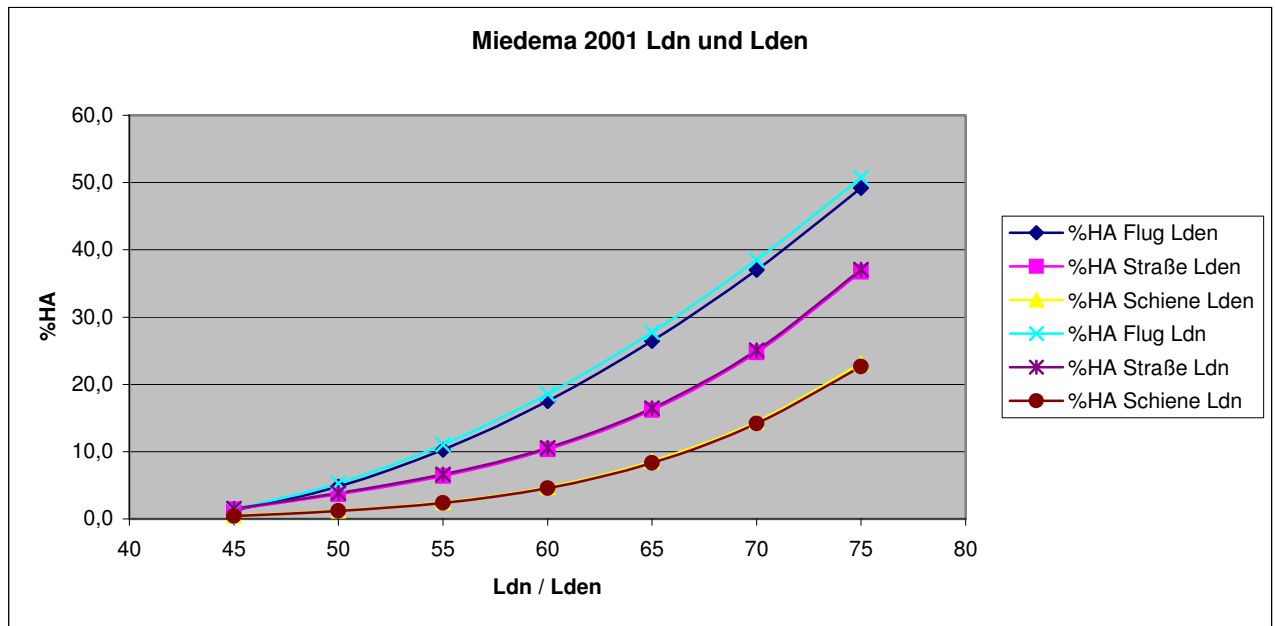
Abbildung 8 Dosis-Wirkungsrelationen %HA L<sub>dn</sub> Miedema; Schultz; Fidell et al.; Finegold et al.

Die Abbildung 9 vergleicht für den L<sub>dn</sub> die Kurven von 1998 und 2001 und die Abbildung 10 spiegelt den Unterschied wider, der sich bei der Verwendung von L<sub>dn</sub> bzw. L<sub>den</sub> ergibt.

Abbildung 9 %HA L<sub>dn</sub>, Miedema 1998 und 2001

Die Kurven für die verschiedenen Lärmarten rücken enger zusammen; aus Fig. 1 (Miedema 2001) kann abgeschätzt werden, dass sich die Konfidenzintervalle bei hohen Pegeln auch weiterhin nicht überlappen<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Diese sind recht schmal und betragen: Für Fluglärm bei 70 dB(A): ca. [33, 41], für Straßenverkehrslärm bei 70 dB(A): ca. [21, 30], für Schienenverkehrslärm bei 70 dB(A): ca. [10, 18].

Abbildung 10 %HA  $L_{dn}$  und  $L_{den}$  Miedema 2001

Der Wechsel von  $L_{dn}$  zu  $L_{den}$  wirkt sich auf die Dosis-Wirkungszusammenhänge nur unerheblich aus.

Der Vergleich zwischen den 1998 bzw. 2001 veröffentlichten Dosis-Wirkungsrelationen bezogen auf den  $L_{dn}$  zeigt zum Teil, insbesondere bei hohen Pegeln, deutliche Unterschiede<sup>7</sup>. Dies ist auch aus der Tabelle 2 ersichtlich, in der zur Orientierung nochmals die Konfidenzintervalle von Schultz und Fidell et al. mit aufgeführt sind.

<sup>7</sup>

Da sich die Datengrundlage nicht geändert hat, ist dieses auf das zugrundeliegende Modell zum Datenfit zurückzuführen. Durch die (Theorie) Lärmwirkungsforschung werden jedoch keine Modelle ausgezeichnet, die Entscheidung für ein solches hat wesentlich subjektiven Charakter.

Tabelle 2 Vergleich von Werten und Konfidenzintervallen (Miedema 2001; Schultz; Fidell et al.)

$L_{dn}$ [dB(A)]	%HA-Konfidenzintervall 90 %, abgeschätzt nach Fig. 6, Schultz	%HA-Konfidenzintervall 95 %, abgeschätzt nach Fig. 15, Fidell et al.	%HA-Wert, Miedema, in Klammern Werte von 1998
65	[8, 30]	[9, 28]	Flug: 27,8 (29,2) Straße: 16,5 (20,2) Schiene: 8,3 (10,9)
70	[14, 40]	[17, 37]	Flug: 38,5 (43,4) Straße: 25,1 (28,4) Schiene: 14,2 (14,5)
75	[23, 53]	[24, 48]	Flug: 50,7 (60,4) Straße: 37,1 (38,1) Schiene: 22,6 (18,5)

## 2.4 EU Position Paper

Im Jahr **2002** veröffentlichte die **Europäische Kommission** ein „Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance“<sup>22</sup>. Entsprechend des Anhangs III der „Umgebungslärmrichtlinie“ (2002/49/EG)<sup>23</sup> sollen „für die Bewertung der Auswirkungen von Lärm auf die Bevölkerung“ „Dosis-Wirkungsrelationen“ verwendet werden. Anzugeben sind „die Relation zwischen Belästigung und  $L_{den}$  für Straßenverkehrs-, Eisenbahn- und Fluglärm sowie für Industrie- und Gewerbelärm“ sowie „die Relation zwischen Schlafstörung und  $L_{night}$  für Straßenverkehrs-, Eisenbahn- und Fluglärm sowie für Industrie- und Gewerbelärm“.

Dieses Dokument widmet sich der ersten Aufgabe und greift dazu auf die von Miedema und Oudshoorn 2001 vorgeschlagenen Dosis-Wirkungszusammenhänge zurück, wobei für die Exposition der  $L_{den}$  zugrunde gelegt wird. Es wird empfohlen, zur Beschreibung der Lärmbelastigung in der Bevölkerung Dosis-Wirkungsrelationen für den Prozentsatz „highly annoyed“ (%HA) oder „annoyed“ (%A) heranzuziehen. Diese sind hier nochmals zusammengefasst angegeben (s. auch Gleichungen 10, 11 und 12).

- Hochbelästigte (%HA)

$$\text{Fluglärm: } \%HA = 0,2939(L_{den} - 42) + 3,932 \cdot 10^{-2}(L_{den} - 42)^2 - 9,199 \cdot 10^{-5}(L_{den} - 42)^3$$

Gleichung 13

$$\text{Straßenlärm: } \%HA = 0,5118(L_{den} - 42) - 1,436 \cdot 10^{-2}(L_{den} - 42)^2 + 9,868 \cdot 10^{-4}(L_{den} - 42)^3$$

Gleichung 14

$$\text{Schienenlärm: } \%HA = 0,1695(L_{den} - 42) - 7,851 \cdot 10^{-3}(L_{den} - 42)^2 + 7,239 \cdot 10^{-4}(L_{den} - 42)^3$$

Gleichung 15

- Belästigte (%A)

$$\text{Fluglärm: } \%A = 1,221(L_{den} - 37) + 1,777 \cdot 10^{-2} (L_{den} - 37)^2 + 8,588 \cdot 10^{-6} (L_{den} - 37)^3$$

Gleichung 16

$$\text{Straßenlärm: } \%A = 0,5353(L_{den} - 37) + 2,110 \cdot 10^{-2} (L_{den} - 37)^2 + 1,795 \cdot 10^{-4} (L_{den} - 37)^3$$

Gleichung 17

$$\text{Schienenlärm: } \%A = 0,2129(L_{den} - 37) + 9,482 \cdot 10^{-3} (L_{den} - 37)^2 + 4,538 \cdot 10^{-4} (L_{den} - 37)^3$$

Gleichung 18

Ursprünglich wurde durch die Arbeitsgruppe der Belästigungsindikator %A empfohlen, um damit den mittleren Belästigungen besser Rechnung zu tragen. Eine abschließende Empfehlung wird nicht gegeben, so kann bspw. auch für eine mittlere Belästigung in der Bevölkerung der norwegische Lärmbelästigungsindex herangezogen werden.

Im Jahre 2004 wurde durch die Europäische Kommission ein „Position paper on dose-effect relations for night time noise“<sup>24</sup> veröffentlicht, das Dosis-Wirkungskurven für den Zusammenhang zwischen Lärmbelastung und nächtlicher Schlafstörung empfiehlt und sich dabei wesentlich an den Arbeiten von Miedema, Vos und Passchier-Vermeer<sup>25, 26, 27, 28</sup> orientiert. Diese beruhen auf einer Analyse von 15 Datensätzen aus 12 Studien mit mehr als 12.000 individuellen Angaben zur Dosis-Wirkung<sup>8</sup>. Grundlage ist gemäß den Aussagen des Dokuments der  $L_{night}$  außen, an der am stärksten betroffenen Fassade, in einem Bereich von 45-65 dB(A)<sup>9</sup>. Angegeben werden Zusammenhänge zur Berechnung des „Anteils stark Schlafgestörter“, %HSD (highly sleep disturbed), des „Anteils Schlafgestörter“ %SD (sleep disturbed) sowie des „Anteils schwach Schlafgestörter“, %LSD (lowly sleep disturbed)<sup>10</sup>, siehe die nachfolgenden Gleichungen 19 bis 27 und die dazugehörigen Abbildungen 11, 12 und 13.

- Straßenverkehrslärm

$$\%HSD = 20,8 - 1,05 \cdot L_{night} + 0,01486 \cdot L_{night}^2 \quad \text{Gleichung 19}$$

$$\%SD = 13,8 - 0,85 \cdot L_{night} + 0,01670 \cdot L_{night}^2 \quad \text{Gleichung 20}$$

$$\%LSD = 8,4 + 0,16 \cdot L_{night} + 0,01081 \cdot L_{night}^2 \quad \text{Gleichung 21}$$

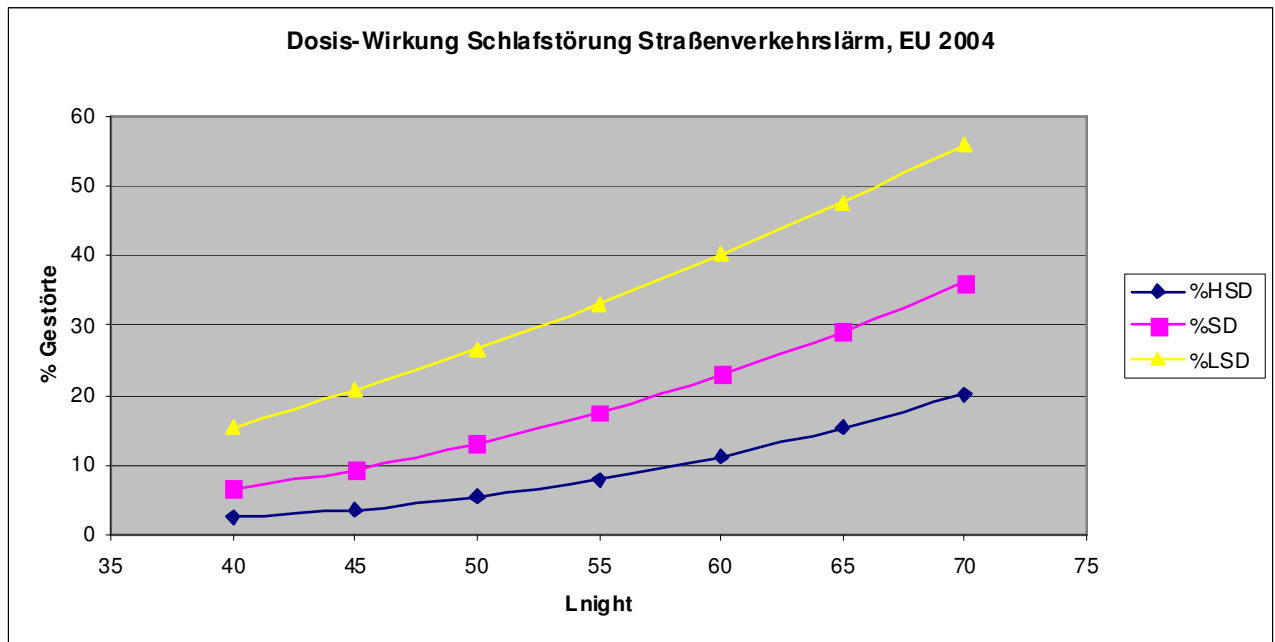
<sup>8</sup> Im TNO-Report von 2002 werden 29 Studien erwähnt, von denen 17 vor 1990 durchgeführt wurden.

<sup>9</sup> Die Polynome approximieren die Kurven auch zwischen 40–45 dB(A) und 65–70 dB(A).

<sup>10</sup> Die Kriterien zur Festsetzung von %HSD, %SD bzw. %LSD sind wiederum die Cut-Off-Punkte 72, 50 bzw. 28 auf einer Belästigungsskala von 0-100.



Abbildung 11 Dosis-Wirkungsrelationen Schlafstörungen Straßenverkehrslärm, EU 2004



- Schienenverkehrslärm

$$\%HSD = 11,3 - 0,55 \cdot L_{night} + 0,00759 \cdot L_{night}^2$$

Gleichung 22

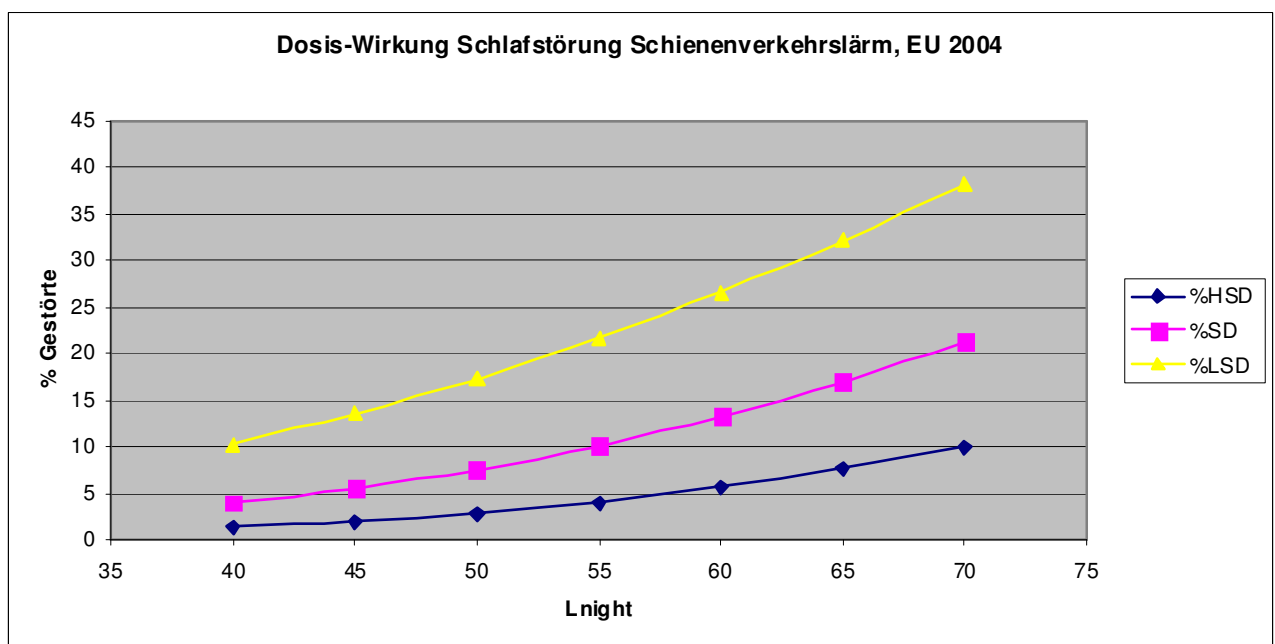
$$\%SD = 12,5 - 0,66 \cdot L_{night} + 0,01121 \cdot L_{night}^2$$

Gleichung 23

$$\%LSD = 4,7 - 0,31 \cdot L_{night} + 0,01125 \cdot L_{night}^2$$

Gleichung 24

Abbildung 12 Dosis-Wirkungsrelationen Schlafstörungen Schienenverkehrslärm, EU 2004



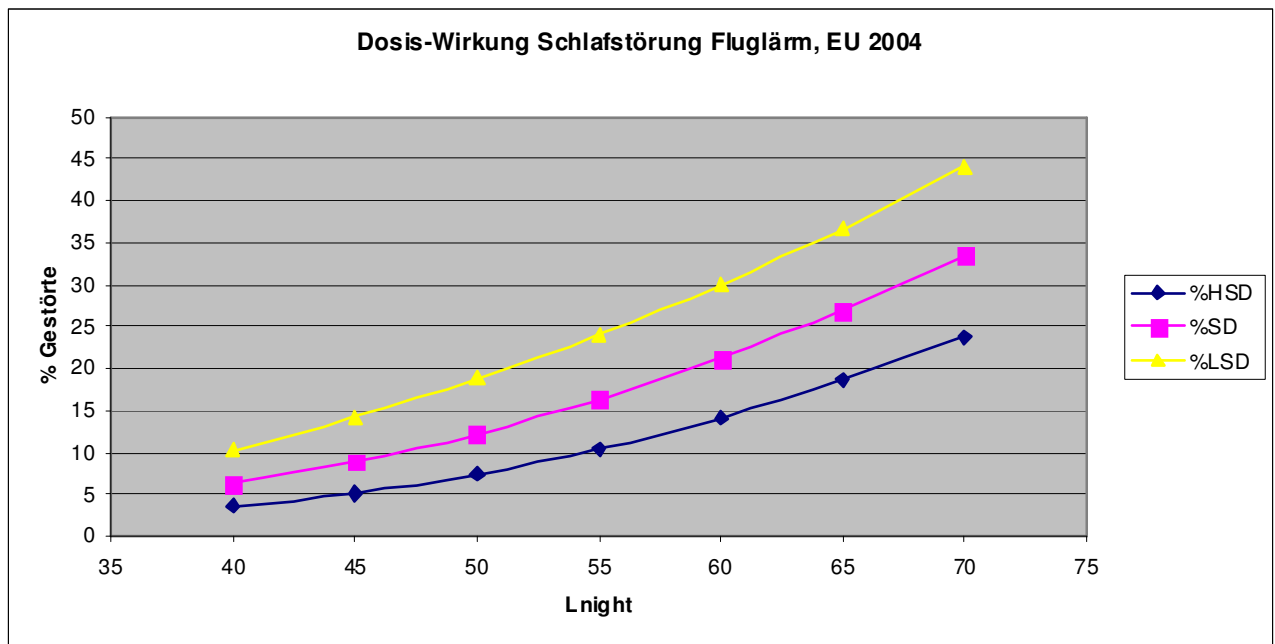
- Fluglärm

$$\%HSD = 18,147 - 0,956 \cdot L_{night} + 0,01482 \cdot L_{night}^2 \quad \text{Gleichung 25}$$

$$\%SD = 13,714 - 0,807 \cdot L_{night} + 0,01555 \cdot L_{night}^2 \quad \text{Gleichung 26}$$

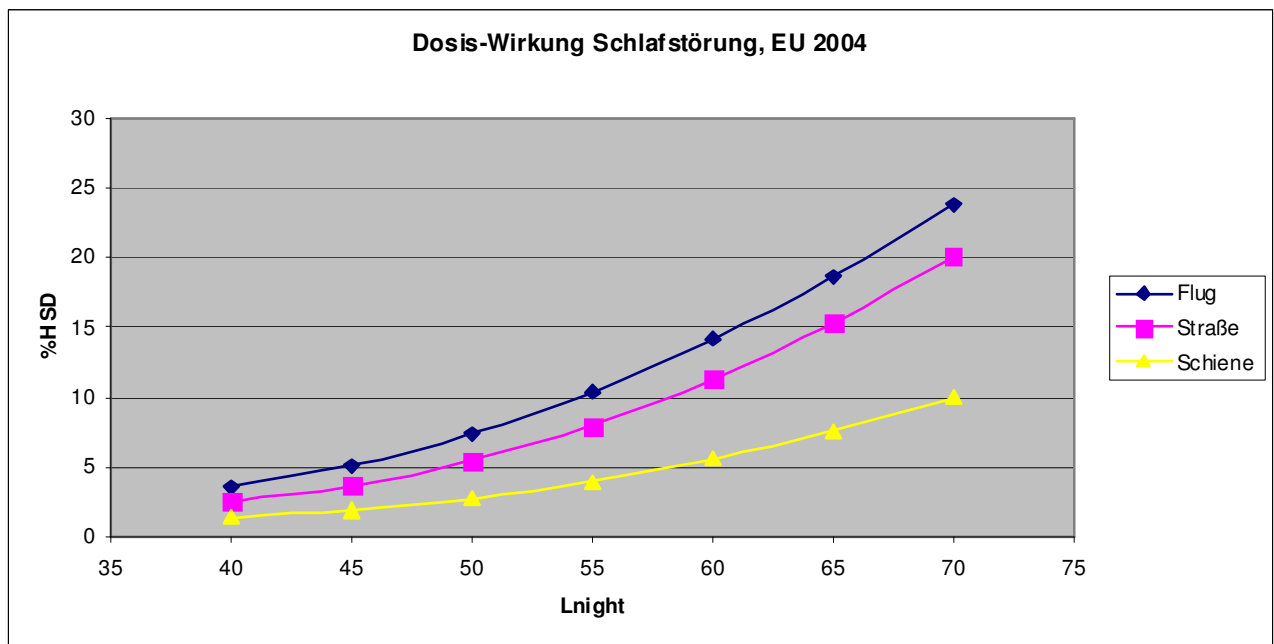
$$\%LSD = 4,465 - 0,441 \cdot L_{night} + 0,01395 \cdot L_{night}^2 \quad \text{Gleichung 27}$$

Abbildung 13 Dosis-Wirkungsrelationen Schlafstörungen Fluglärm, EU 2004



Zusammengefasst sind in der Abbildung 14 die %HSD für alle drei Lärmarten dargestellt.

Abbildung 14 %HSD Straßenverkehrs-, Schienenverkehrs- und Fluglärm, EU 2004



Folgende kritische Anmerkungen, die sich z.T. aus den oben dargestellten Zusammenhängen, die zu den hier vorgeschlagenen Berechnungsformeln für die Belästigungsindikatoren %HA bzw. %A<sup>11</sup> geführt haben, ergeben, sind anzubringen:

- Die den Dosis-Wirkungsrelationen %HA und %A zugrundeliegenden Daten waren bereits 2002 alle älter als 10 Jahre.
- 55 % der Studien (30 von 55) sind bis 1980 erschienen, also zum Zeitpunkt der Veröffentlichung des „Position paper“ älter als 22 Jahre. Keine der nach 1994 erschienenen zahlreichen Studien wurde berücksichtigt.
- In der ursprünglichen Untersuchung von Schultz wurde das Konzept %HA eingeführt, um die bei geringen und mittleren Pegeln vorhandenen sehr starken Streuungen in den Belästigungsurteilen zu vermeiden.
- In den den Dosis-Wirkungszusammenhängen zugrundeliegenden Studien wurde selten der genaue Zeitabschnitt konkretisiert, für den die angegebene Belästigung gelten soll.
- Bei hohen Pegeln (ab ca. 60 dB(A)) sind bei der Bewertung der Auswirkungen des Lärms neben den in den Dosis-Wirkungsrelationen berücksichtigten Belästigungsreaktionen auch Erhöhungen von Erkrankungsrisiken bspw. für Herzinfarkte und Bluthochdruck (s.u. Babisch<sup>29</sup>, de Kluizenaar et al.<sup>30</sup>) einzubeziehen.
- Neuere Untersuchungen (s.u. Brink et al.) zeigen, dass nur ca. 15 % des Belästigungsurteils durch die Exposition hervorgerufen werden; die entscheidende Rolle nicht-akustischer Parameter ist in den vorliegenden Dosis-Wirkungsrelationen nicht berücksichtigt.

<sup>11</sup> Sinngemäße Aussagen können auch für %HSD, %SD bzw. %LSD getroffen werden.

- Die Dosis-Wirkungsrelationen %A suggeriert, dass der Pegelbereich ab 37 dB(A) durch Daten abgesichert sei. Tatsächlich wurden für die Ableitung der Zusammenhänge nur Datenpunkte mit  $45 \text{ dB(A)} \leq L_{\text{den}} \leq 75 \text{ dB(A)}$  berücksichtigt.
- Die %HA-Kurven bilden eine sehr starke Belästigung ab; die Kurven sind wenig sensitiv für Änderungen, die sich bspw. im Rahmen von Lärminderungsszenarien ergeben.
- In sehr vielen Studien zur Lärmbelästigung wird auf den Belästigungsindikator %HA, nicht aber auf %A Bezug genommen.
- Insbesondere bei älteren Datensätzen kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Exposition exakt festgestellt wurde.
- Die (positive) Wirkung eines Zugangs zu einer ruhigen Fassade (s.u.) ist nicht berücksichtigt; ferner kann bei der den Kurven zugrundeliegenden Datenanalysen nicht sichergestellt werden, dass tatsächlich Expositionen an der am stärksten betroffenen Fassade erfasst wurden.
- Unterschiedliche klimatische Bedingungen werden nicht berücksichtigt. So zeigen neuere Untersuchungen (s.u.) dass die Belästigung i.a. wächst, wenn die Menschen mehr Zeit im Freien verbringen bzw. sich in ihren Wohnungen bei geöffneten Fenstern aufhalten. Vor allem in Ländern mit geringeren Durchschnittstemperaturen sind die Fassaden und insbesondere die Fenster aus Gründen der Wärmedämmung diesen Bedingungen angepasst. Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass in diesen Ländern im Durchschnitt auch die Schalldämmung der Fenster höher als in Ländern mit höheren Durchschnittstemperaturen ist.
- Kulturelle Differenzen (bspw. Aufenthalt im Freien, Lärmakzeptanz, unterschiedliche Tagesrhythmen) sind nicht berücksichtigt. Dieses Problem stellt sich allerdings schon auf der Ebene des  $L_{\text{den}}$ , da die in vielen südlichen Ländern insbesondere während der Sommermonate praktizierte Siestzeit nicht mit einem Schutzanspruch versehen ist.
- Neuere Untersuchungen (s.u. Guski) deuten darauf hin, dass die Lärmbelästigung zeitlich nicht konstant ist, sondern sich, bei gleicher Exposition, in den letzten Jahren erhöht hat.
- Viele nach Miedema 1998 bzw. 2001 erschienene Studien legen einen anderen Verlauf der Dosis-Wirkungsrelationen nahe (s.u.).
- Insbesondere für Flug- und Schienenverkehrslärm wird weiterhin diskutiert (vgl. bspw. **Schuemer et al. 2003<sup>31)</sup>**), ob nicht die Anzahl der Ereignisse und deren Maximalpegel ein geeigneteres Maß für die Exposition darstellen als der  $L_{\text{den}}$  bzw.  $L_{\text{night}}$ .

### 3 Dosis-Wirkungsrelationen zur Belästigung nach 2000

In den nachfolgenden Kapiteln soll die seit 2000 erschienene Literatur zur Thematik Lärm-Wirkungs-Relationen zusammengestellt und auf wesentliche hierin enthaltene Aussagen eingegangen werden. Es erfolgt i.a. eine Beschränkung auf den europäischen und nordamerikanischen Raum (inkl. Kanada). Aufgrund der Menge an Publikationen kann, wie bereits erwähnt, keine Vollständigkeit angestrebt werden.

Bei „experimentellen“ Arbeiten ist i.a. zwischen Labor- und Feldstudien zu unterscheiden. Es sollen hier nicht umfassend die Vor- und Nachteile dieser Studientypen, sondern nur einige Bemerkungen aufgeführt werden, die im Zusammenhang mit der Interpretation der Ergebnisse wichtig sind.

### Laborstudien

- Allen Teilnehmern können identische, kontrollierte Testbedingungen präsentiert werden. Die Studien könnten, bei Bedarf, wiederholt werden.
- Die Testpersonen werden i.a. audiometrisch untersucht, um krankhafte Veränderungen der auditiven Wahrnehmung und damit eine Verfälschung der Versuchsergebnisse auszuschließen.
- Die Bedingungen im Labor sind nicht mit der normalen Lebenssituation zu vergleichen (andere bzw. keine Hintergrundgeräusche im Raum und von außen, Konzentration auf den Versuchsablauf (Hörbeispiel, zu lösende Aufgabe)).
- Die Lärmquelle steht im Fokus der Aufmerksamkeit.
- Die Lärmexposition erfolgt über einen kurzen Zeitraum; der Teilnehmer kann erwarten, dass die Belästigung nicht andauern wird.
- Es wird die Belästigung erfragt, die im direkten Zusammenhang mit der dargebotenen Lärmexposition steht.
- Bei Laborstudien ist der Teilnehmer auf das Thema Lärm „vorgeprägt“, geht also mit einer bestimmten Erwartungshaltung in den Versuch.
- Gefühle des „Ausgeliefertseins“ oder der „Ohnmacht“ gegenüber der Quelle oder deren Erzeuger sind kaum zu erwarten.
- Bei Schlafstörungen werden auch jene registriert, die nicht zu Aufwachreaktionen führen und nicht am Morgen erinnert werden. Das kann zu Überschätzungen der Reaktionen führen.
- Langzeiteffekte einer Lärmbelastung (Stressreaktionen und ihre physiologischen Folgen) können durch Kurzzeitlaborstudien nicht nachgewiesen werden. Damit besteht die Gefahr einer Unterschätzung der gesundheitlichen Auswirkungen des Lärms (vgl. **Ising und Kruppa 2004<sup>32</sup>**).
- Die Anzahl der Teilnehmer ist i.a. klein, was es kaum ermöglichen wird, bspw. altersabhängige Belästigungsreaktionen mit einer ausreichenden statistischen Sicherheit herauszuarbeiten.

### Feldstudien

- Die Anzahl möglicher Einflussparameter ist deutlich größer als bei Laborstudien und kaum im vollen Umfang zu kontrollieren.
- Angegeben wird i.a. der Außenpegel; der Innenpegel, der bei Aufenthalt in der Wohnung für die Belästigungsreaktion maßgeblich ist, ist abhängig von der Art der Fenster (Dämmung, Öffnungszustand), der Fassade, der Lärmart, sonstigen Innengeräuschen.

- Die Außenlärmmexposition jedes Probanden kann nicht exakt festgestellt werden (weitmaschiges Messstationennetz, keine Kenntnis über die genaue Lage der Aufenthalts- und Schlafräume).
- Der Einfluss der Wohnraumsituation (Mieter oder Eigentümer) aber auch der gesamten Wohn- und Umgebungssituation (Zufriedenheit mit der Wohnumgebung, soziales Umfeld) auf das Belästigungsurteil wird häufig, insbesondere in älteren Studien, nicht erfasst.
- In der häuslichen Umgebung entwickeln die Personen Adaptionsmechanismen, um mit der Lärmbelästigung umgehen zu können.
- Erfragt wird typischerweise die Belästigung während der letzten 12 Monate; im Gedächtnis bleiben jedoch „herausragende“ Lärmereignisse. Jahreszeitliche Schwankungen im Belästigungsurteil - obwohl wahrscheinlich vorhanden – werden dadurch nicht erfasst. Eine Unterscheidung der Belästigung nach „innen, außen, Fenster geschlossen, Fenster offen“ erfolgt i.a. nicht.
- Eine klare Unterscheidung der Belästigung nach der Tageszeit wird häufig nicht getroffen.
- Rückfragen des Probanden bei Verständnisproblemen mit dem Fragebogen sind kaum möglich.
- Die Abhängigkeit der Belästigung von der Entfernung zur Quelle<sup>12, (33)</sup> Quellenspezifika (bspw. Fahrzeugart und Fahrzeuggeschwindigkeit) sowie Sichtbarkeit der Quelle<sup>13 (34)</sup> werden nicht berücksichtigt.
- Bei Untersuchungen zu gesundheitlichen Auswirkungen des Lärms werden z.T. Belästigungen erfragt ohne die zugrundeliegende Lärmmexposition mitzubestimmen.

### 3.1 Studien zum Zusammenhang zwischen Belästigung (annoyance) und Exposition

#### 3.1.1 Feldstudien

In einer auf der Auswertung zahlreicher Studien beruhenden Untersuchung des Umweltbundesamtes zu Fluglärmmwirkungen kommen **Ortscheid und Wende 2000**<sup>35</sup> zu folgenden Aussagen:

- Bei Außenpegeln ( $L_{Aeq}$ ) tags von unter 50 dB(A) und nachts von unter 40 dB(A) ist keine oder nur eine geringe Belästigung zu verzeichnen; solche Fluglärmmmissionen sind als unkritisch anzusehen.

---

<sup>12</sup> Im Nahbereich der Quellen (insbesondere Schiene, vgl. auch Schuemer et al.<sup>31</sup>) können durch Erschütterungen, Staubaufwirbelungen, ungehinderter Einsicht in die Wohnung oder das Grundstück höhere Belästigungen auftreten, als sie allein durch den Pegel zu erklären wären. Auch Morihara et al.<sup>33</sup> betonen, dass die Belästigung durch Schienen- jedoch nicht bei Straßenverkehrslärm in unmittelbarer Nähe zur Quelle größer ist. Dieser Effekt wird auch von Huybregts<sup>62</sup> (s.u.) beschrieben.

<sup>13</sup> Die Quelle erscheint lästiger, wenn sie optisch wahrgenommen werden kann (vgl. dazu auch Bangjun et al.<sup>34</sup>).

- Bei Außenpegeln ( $L_{Aeq}$ ) tags zwischen 50 und 55 dB(A) und nachts zwischen 40 und 45 dB(A) kommt es zu einer Belästigung.
- Bei Außenpegeln ( $L_{Aeq}$ ) tags von über 55 dB(A) und nachts von über 45 dB(A) sind erhebliche Belästigungen zu erwarten.

In der Arbeit von **Hoeger et al. 2002**<sup>36</sup> werden, beziehend auf Griefahn et al. (Hrsg.) 1999<sup>37</sup> Belästigungen durch Schienen-, Straßen- und Fluglärm aufgezeigt und verglichen. Für Schienen- und Straßenverkehrslärm werden lineare Zusammenhänge zwischen Belästigung (auf einer Skala von 1 bis 5) und Pegel gefunden, diese sind z.T. deutlich höher als bei Miedema angegeben. Bei Straßenverkehrslärm gibt es keine wesentlichen Unterschiede im Belästigungsniveau für den tag- bzw. Nachtzeitraum (s. Abbildung 15).

Abbildung 15 Belästigung tags und nachts, Straße, Hoeger et al. 2002

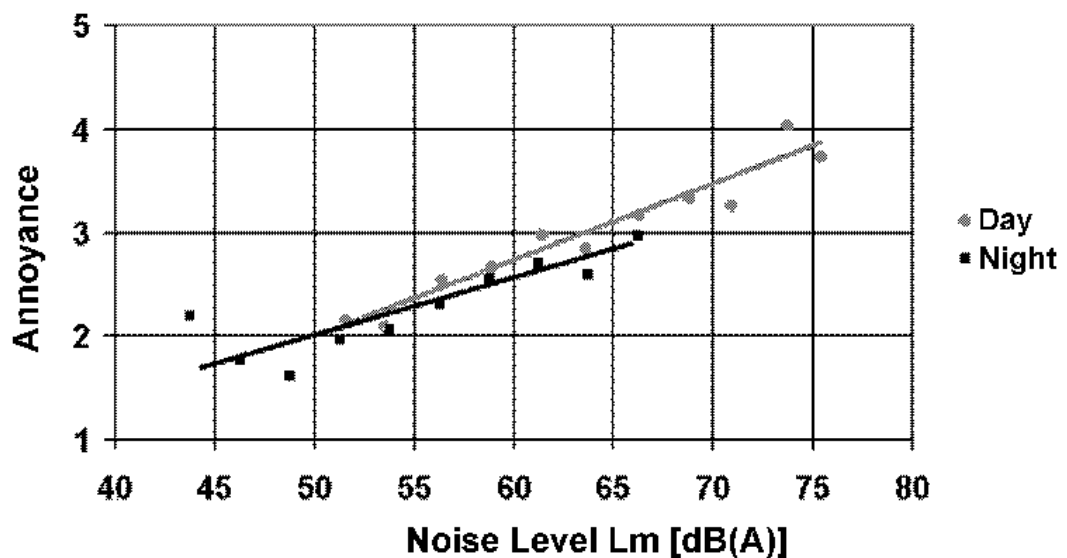


Figure 2. Day- and night-time annoyance for road traffic noise (from Griefahn et al., 1999)

Für den Schienenverkehrslärm lässt sich eine erhöhte Belästigungsreaktion für den Tag (bei gleichem Pegel!) ableiten (s. Abbildung 16).

Abbildung 16 Belästigung tags und nachts, Schiene, Hoeger et al. 2002

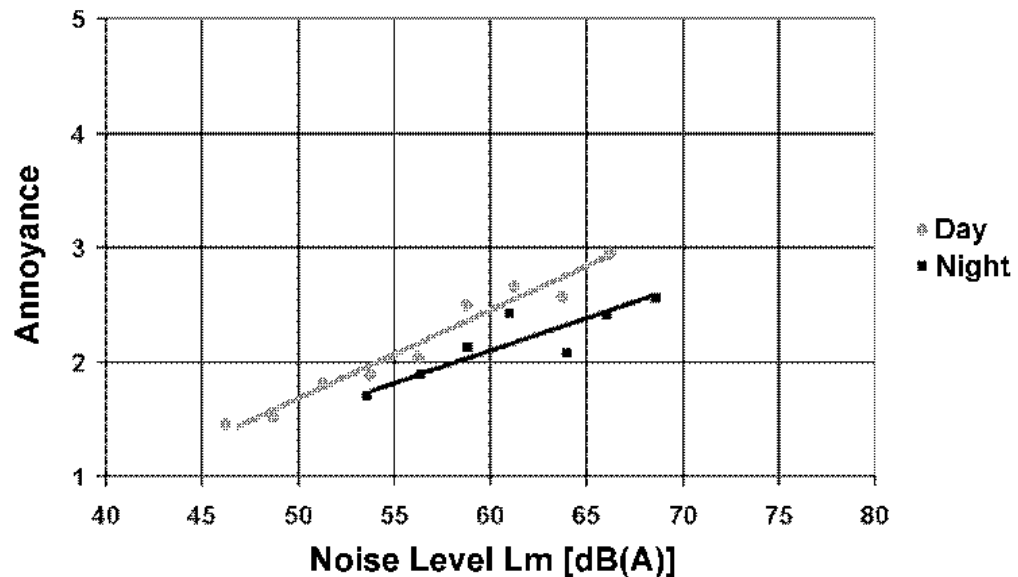


Figure 3. Day- and night-time annoyance for railway traffic noise (from Griefahn et al., 1999).

Für die Belästigung durch Fluglärm (%HA) wird vorgeschlagen, einen nichtlinearen Zusammenhang zu verwenden. Die Belästigungsreaktion nachts steigt bei Pegeln über 50 dB(A) stärker an als tags (s. Abbildung 17).

Abbildung 17 %HA tags und nachts, Flug, Hoeger et al. 2002

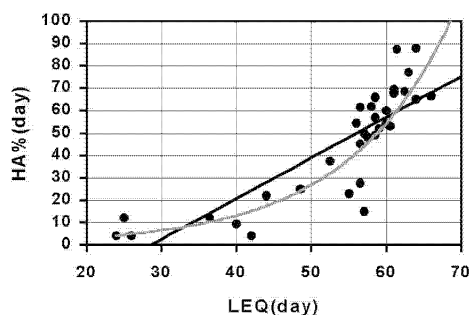


Figure 5. Day-related dose-response relation for air traffic noise around Frankfurt airport (from Kastka, 1999, modified by the authors).

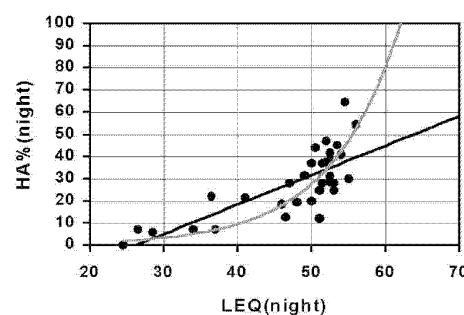


Figure 6. Night-related dose-response relation for air traffic noise around Frankfurt airport (from Kastka, 1999, modified by the authors).

In einer vergleichenden Untersuchung zur Lärmbelastigung von Straßenverkehrslärm in Schweden (Göteborg, 1.142 Teilnehmer) und Japan (Kumamoto, 837 Teilnehmer und Sapporo, 780 Teilnehmer) geben **Sato et al. 2002**<sup>38</sup> Dosis-Wirkungsbeziehungen an (s. Abbildung 18). Die Exposition wurde aus Messungen bestimmt; die Lärmbelastigung wurde mit einer 5-stufigen Skala erfasst.



Abbildung 18 %HA Straße, Sato et al. 2002

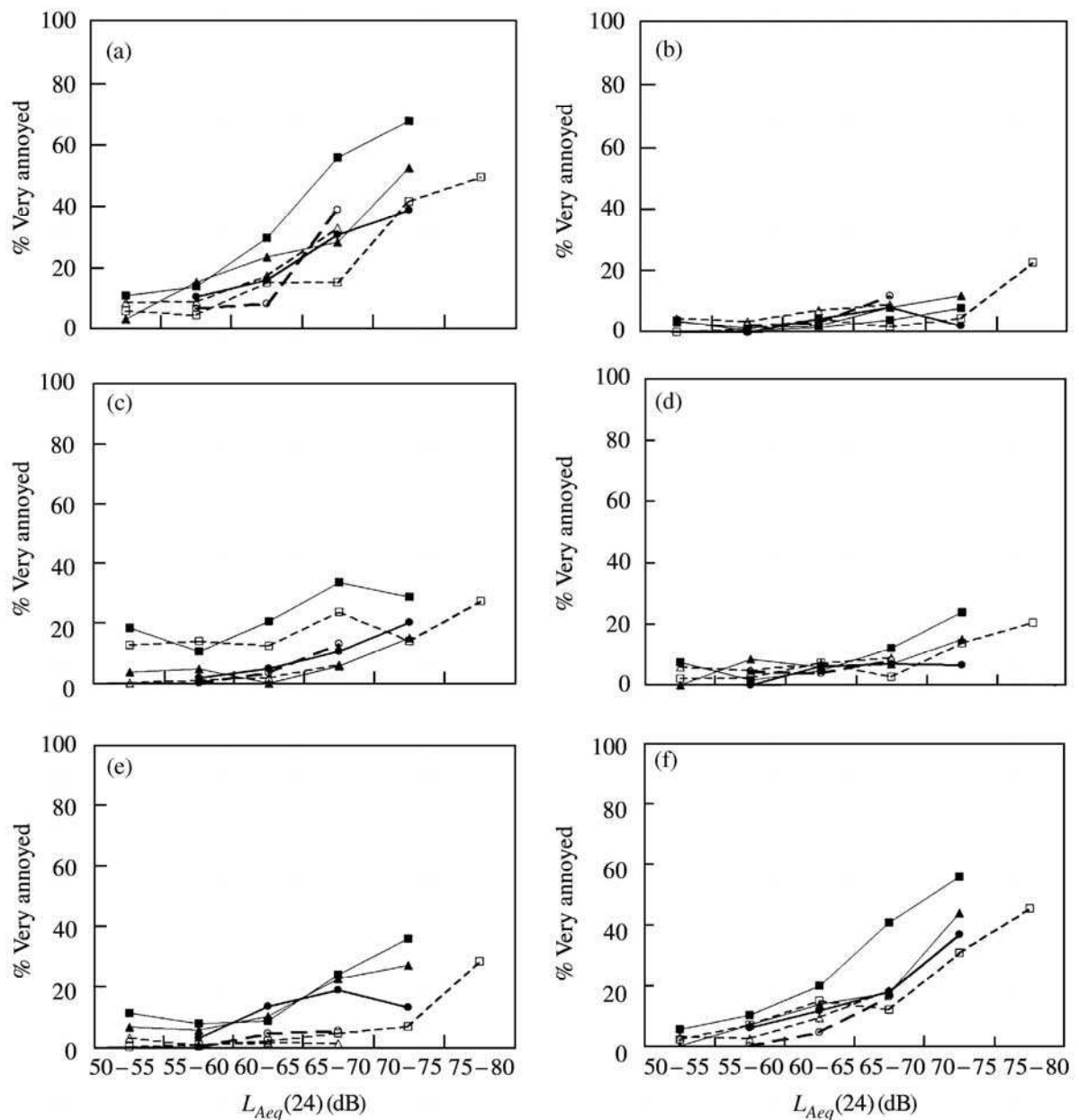


Figure 3. Comparison of community responses to acoustical and non-acoustical factors. “%very annoyed” refers to the proportion of people who responded “very annoyed”: (a) Road traffic noise annoyance; (b) TV/radio listening disturbance; (c) rest/relaxation disturbance in garden/balcony; (d) awakening; (e) house vibration; (f) exhaust fumes. —▲—, Kumamoto/Detached; —■—, Gothenburg/Detached; —●—, Sapporo/Detached; --△--, Kumamoto/Apartment; --□--, Gothenburg/Apartment; —○—, Sapporo/Apartment.

Im Vergleich zu den Miedema-Kurven ist eine deutlich höhere Belästigung in der schwedischen Kohorte insbesondere bei Bewohnern, die in Einfamilienhäusern wohnen, ersichtlich. Die Störwirkung hingegen ist weniger ausgeprägt.

In einer umfassenden Auswertung der Literatur zu den Wirkungen von Schienen- und Straßenverkehrslärm kommen **Schuemer et al. 2003**<sup>31</sup> zu folgenden Aussagen:

Schienenverkehrslärm:

Die Störwirkung von Schienenverkehrslärm ist stark von der jeweiligen Aktivität abhängig (bspw. ist sie höher bei Kommunikation als bei Erholung). Einen erheblichen Einfluss hat auch der Aufenthaltsort: Die Störwirkung „am Tage draußen vor der Haustür im Freien“ ist bei gleichen Pegeln höher als in der Wohnung bei gekippten Fenstern und diese ist wiederum höher als bei geschlossenen Fenstern.

Es gibt kaum Unterschiede in der mathematischen Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Belästigung und Exposition bei der Verwendung linearer bzw. nichtlinearer Ansätze.

Für die Belästigung relevant herausgearbeitet wurden u.a.

- Distanz und Sichtverbindung zur Bahnstrecke,
- Zuganzahl und Vorbeifahrtspegel,
- Antriebsart (Dieselantrieb lästiger als Elektroantrieb),
- Zugart (Güterzug lästiger als Reisezug).

Obwohl durch das Schleifen der Schienen (Besonders überwachtes Gleis – BüG) Pegelreduktionen von bis zu 8 dB auch längerfristig (noch nach einem Jahr) erreichbar waren, hat sich die Belästigungsreaktion kaum verändert.

**Miedema 2004**<sup>39</sup> gibt ein Verfahren an, um die Belästigung durch mehrere Quellen bestimmen zu können. Er spricht sich dabei sowohl gegen das dominant-source-model als auch gegen das energy-summation-model aus. Sein „total annoyance theorem“ beruht auf 5 Annahmen über die Belästigungswirkung der Quellen. Die Datengrundlage ist die gleiche wie in der Studie von 2001 (und damit 1998).

Ausgangspunkt für das Modell ist die Bestimmung des Belästigungsgrades A in Abhängigkeit vom Pegel  $L_{den}$  (linearer Zusammenhang, s.u. die Diskussion) gemäß den Gleichungen 28, 29 bzw. 30:

Für Fluglärm:

$$A_{Flug} = 2,17 \cdot L_{den} - 91,4 \quad \text{Gleichung 28}$$

Für Schienenverkehrslärm:

$$A_{Schiene} = 2,10 \cdot L_{den} - 110,1 \quad \text{Gleichung 29}$$

Ein Zusammenhang zwischen der Belästigung und dem Pegel für Straßenverkehrslärm ist in dieser Arbeit nicht angegeben. In Miedema und Vos 2004<sup>40</sup> ist:

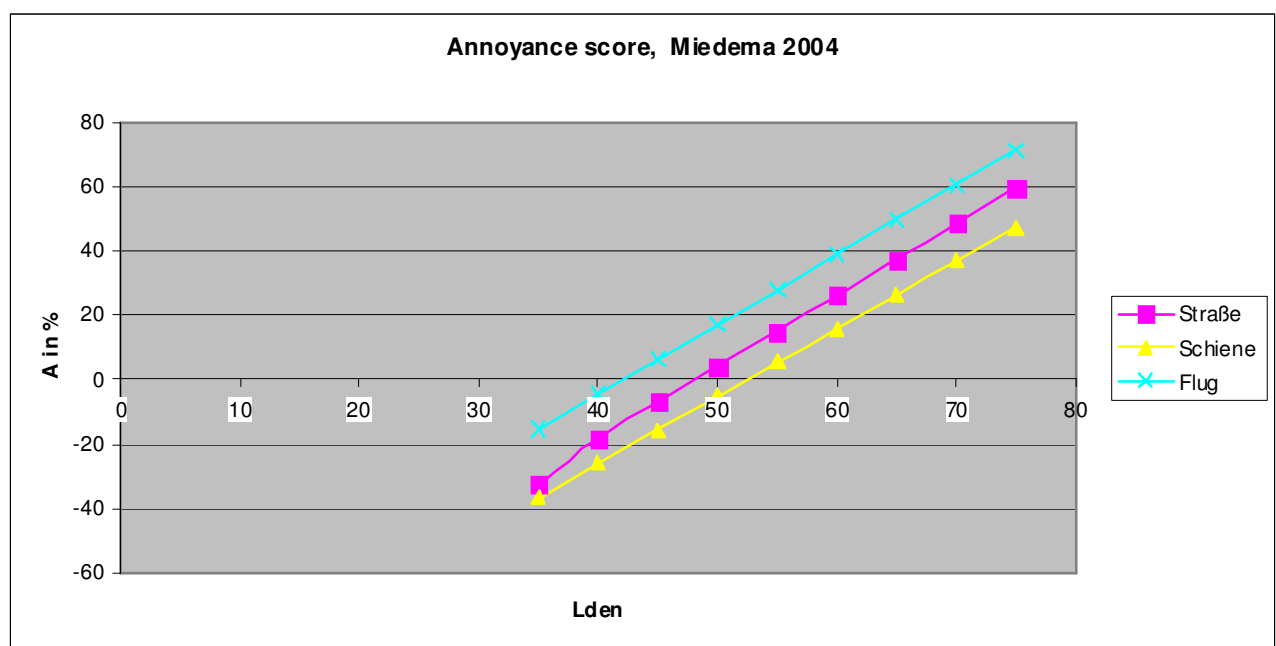
$$A_{\text{Straße}} = 2,22L_{\text{den}} - 107,0$$

Gleichung 30

angegeben (Table V).

Die Abbildung 19 zeigt die Zusammenhänge zwischen Annoyance score und Pegel für die drei Quellen. Nur oberhalb von 55 dB(A) liefern alle Gleichungen positive Werte.

Abbildung 19 Annoyance score A für Schienen-, Straßen- und Flugverkehr, Miedema 2004 und Miedema, Vos 2004



Mittels der Annoyance scores werden für Flug- bzw. Schienenverkehrslärm Pegel berechnet, die die gleiche Belästigungswirkung wie Straßenverkehrslärm hervorrufen würden. Diese Pegel werden energetisch addiert und die Gesamtbelästigung kann gemäß Gleichung 31 (identisch mit der obigen Gleichung 14 für %HA Straße) berechnet werden<sup>14</sup>:

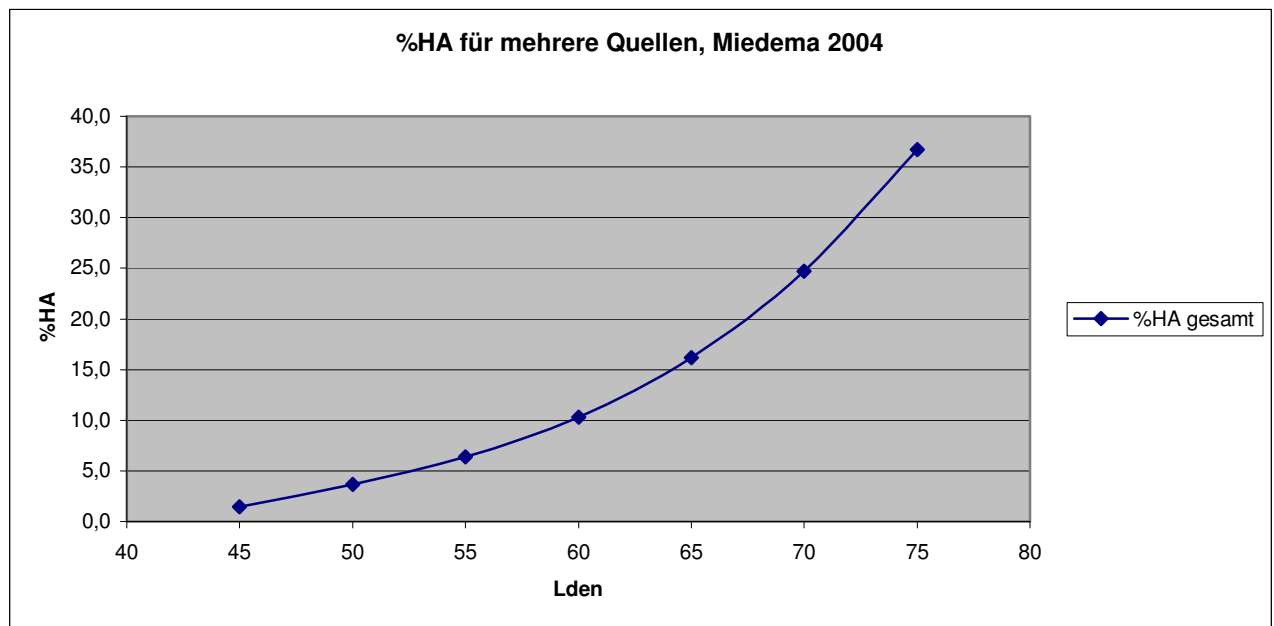
$$\%HA = 0,5118 \cdot (L_{\text{den}} - 42) - 1,436 \cdot 10^{-2} (L_{\text{den}} - 42)^2 + 9,868 \cdot 10^{-4} (L_{\text{den}} - 42)^3$$

Gleichung 31

<sup>14</sup> Angegeben sind auch die entsprechenden Zusammenhänge für %A und %LA.

Die Abbildung 20 zeigt diesen Zusammenhang.

Abbildung 20 Dosis-Wirkungsrelationen %HA für mehrere Quellen, Miedema 2004

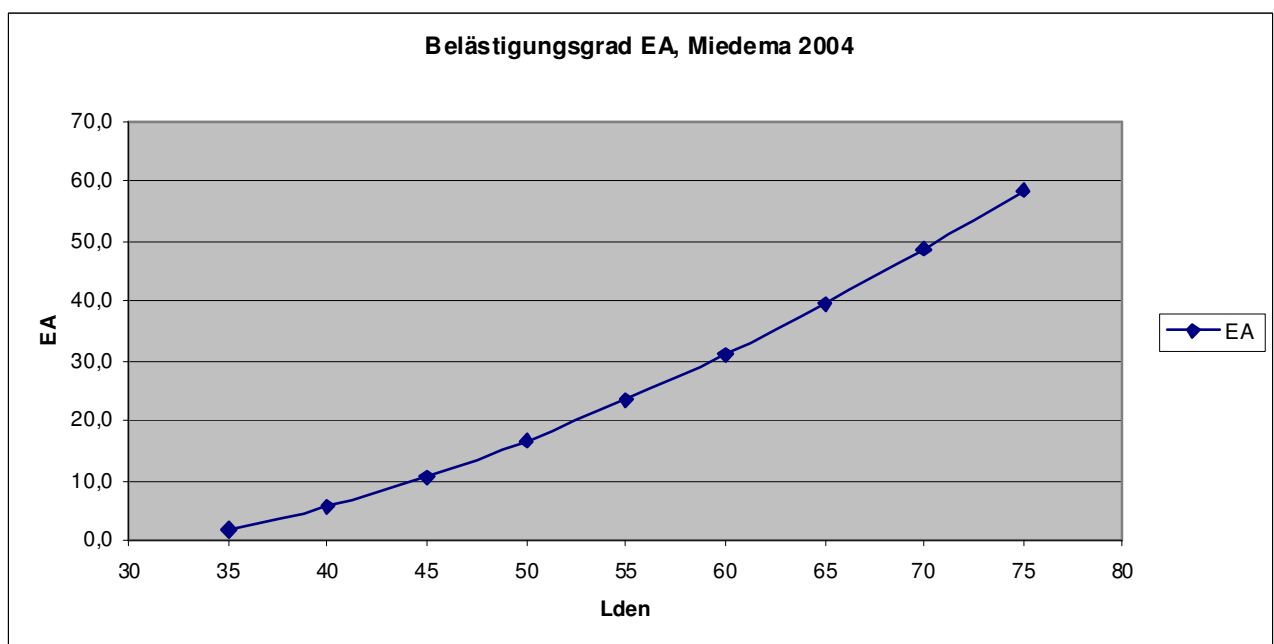


Angegeben wird weiterhin ein Zusammenhang für den erwarteten Belästigungsgrad (expected annoyance score, EA), der nun allerdings nichtlinear ist:

$$EA = 0,537 \cdot (L_{den} - 32) + 2,307 \cdot 10^{-2} (L_{den} - 32)^2 - 9,154 \cdot 10^{-5} (L_{den} - 32)^3 \quad \text{Gleichung 32}$$

Auch dieser Zusammenhang sei graphisch dargestellt (vgl. Abbildung 21).

Abbildung 21 Belästigungsgrad für mehrere Quellen, Miedema 2004

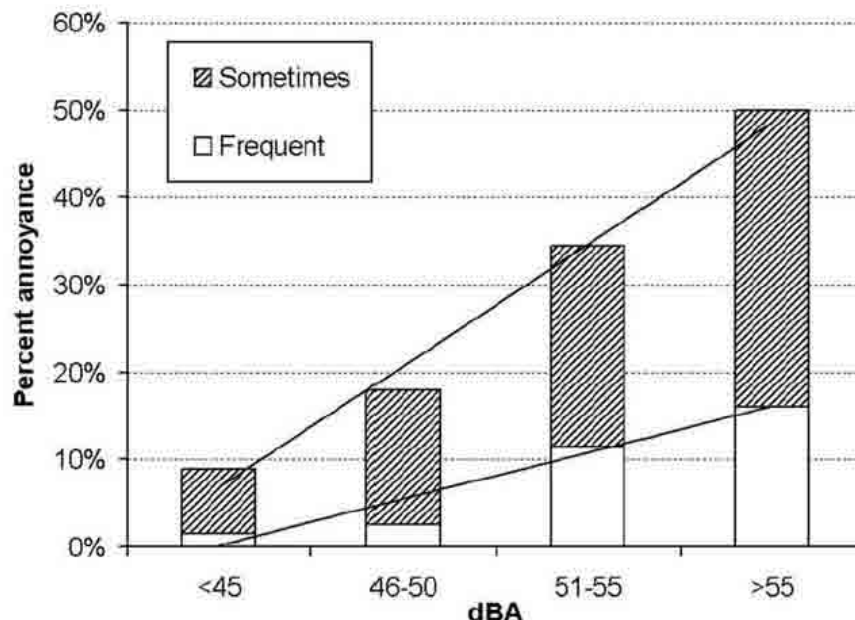


Das Auftreten eines jetzt nichtlinearen Zusammenhangs für den erwarteten Belästigungsgrad, der in dieser Arbeit ohne Erklärung erstmals verwendet wird, wird genauso wenig begründet wie die Erweiterung des Expositionsbereichs für Pegel  $L_{den} \leq 45$  dB(A).

**Miedema und Vos (2004)**<sup>40</sup> wenden dieses Modell auch auf Lärm von Industrieanlagen ohne wesentliche Impuls- oder Tonhaltigkeit<sup>15</sup> (8 Anlagen) sowie für Schießplätze (2 Anlagen) und eine saisonale Industrieanlagen an, um die von der Europäischen Kommission geforderten Dosis-Wirkungsbeziehungen angeben zu können. Dazu werden zunächst lineare Zusammenhänge zwischen annoyance score (A) und Exposition ( $L_{den}$ ) abgeleitet. Angegeben werden als Dosis-Wirkungsbeziehungen quadratische Zusammenhänge für EA, %LA, %A und %HA für  $35 \text{ dB(A)} \leq L_{den} \leq 65 \text{ dB(A)}$  für jede Quelle; allerdings sind in den Ausgangsdaten nur 2 Personen (nicht Datensätze!) Pegeln  $> 60 \text{ dB(A)}$  ausgesetzt. Für saisonal betriebene Industrieanlagen ist anzumerken, dass sie auf einer Studie mit weniger als 200 Befragten beruht und keine Pegel  $> 60 \text{ dB(A)}$  auftraten. Auf die Wiedergabe der Kurven oder der die Kurven beschreibenden Daten sei hier verzichtet, da sie auf Grund der Datenlage als nicht belastbar erscheinen.

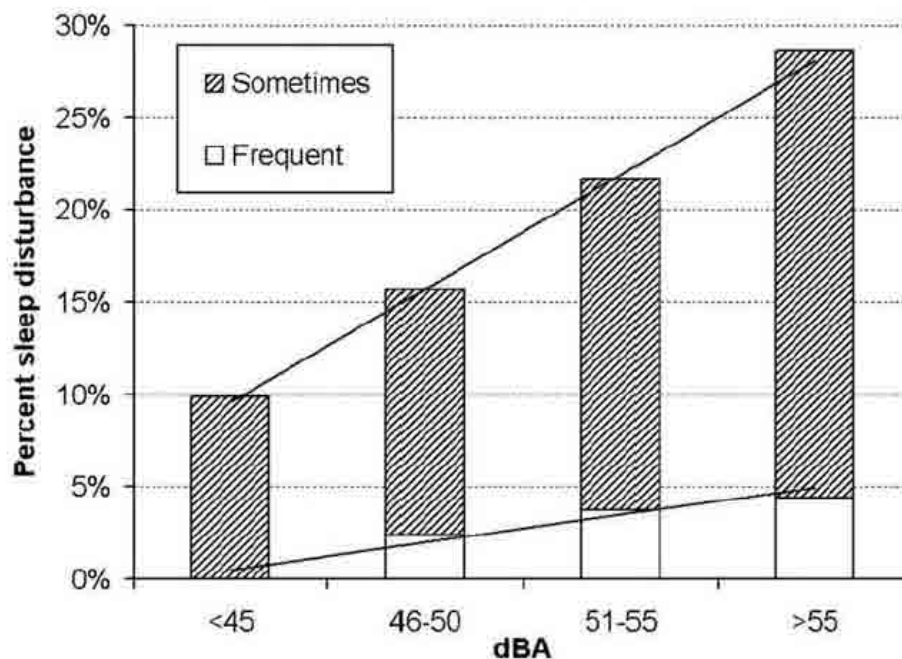
**Bluhm et al. 2004**<sup>41</sup> untersuchen mittels Fragebogen für 657 Personen die gesundheitlichen Auswirkungen von Straßenverkehrslärm in Sollentuna, nahe Stockholm. Zur Beurteilung der Belästigung wird die Häufigkeit, nicht aber die Schwere des Belästigungsurteils angegeben. Es erstaunt, dass eine nicht ICBEN-konforme Befragungsmethodik angewendet wurde, die es nicht erlaubt, die Ergebnisse mit denen anderer Studien zu vergleichen. Die Exposition wird berechnet (Nord 2000). Die erhaltenen Dosis-Wirkungszusammenhänge für Belästigung und Schlafstörung sind in den Abbildungen 22 und 23 dargestellt.

Abbildung 22 Belästigungswirkung, Straße, Bluhm et al. 2004



<sup>15</sup> Allerdings wird aus der Beschreibung der Art der Geräusche der Anlagen deutlich, dass durchaus impulshaltige Anteile vorhanden sind.

Abbildung 23 Schlafstörung, Straße, Bluhm et al. 2004



Die Belästigungsreaktionen und Schlafstörungen treten hier bereits bei Pegeln  $L_{Aeq,24h}$  unter 45 dB(A) auf; allerdings muss berücksichtigt werden, dass der Mittelungspegel für 24 Stunden ca. 1 bis 3 dB niedriger ist als für den Tag.

Berücksichtigt wurden der Einfluss der Fensterorientierung und der Zufriedenheit mit der Wohnumgebung: Ein höherer Grad der Belästigung war bei einer Orientierung der Fenster des Schlafzimmers zur Straße sowie bei einer größeren Unzufriedenheit mit der Wohnumgebung verbunden. Es ergab sich keine Abhängigkeit der Belästigung von Alter oder Geschlecht.

Auf der Basis von fünf sozio-akustischen Studien (Oslo 1987, 1994 und 1996 sowie Drammen 1998 und 1999) stellen **Klæboe et al. 2004**<sup>42</sup> Dosis-Wirkungszusammenhänge für Straßenverkehrslärm unter Berücksichtigung der Belästigung innen und außen auf. Dafür wurden 3.985 bzw. 3.957 Fragebögen ausgewertet. Die Belästigung wurde auf einer 3-stufigen Skala angegeben („highly annoying“, „somewhat annoying“, „not annoying“). Die Exposition wurde berechnet ( $L_{Aeq}$ , Umrechnung auf  $L_{den}$ ).

Die Belästigungsgrade in Abhängigkeit vom Pegel sind für außen und innen mit den nachfolgenden Abbildungen 24 und 25 wiedergegeben.

Abbildung 24 Anteil Belästigter in Abhängigkeit von Pegel, außen, Straße, Klæboe et al. 2004

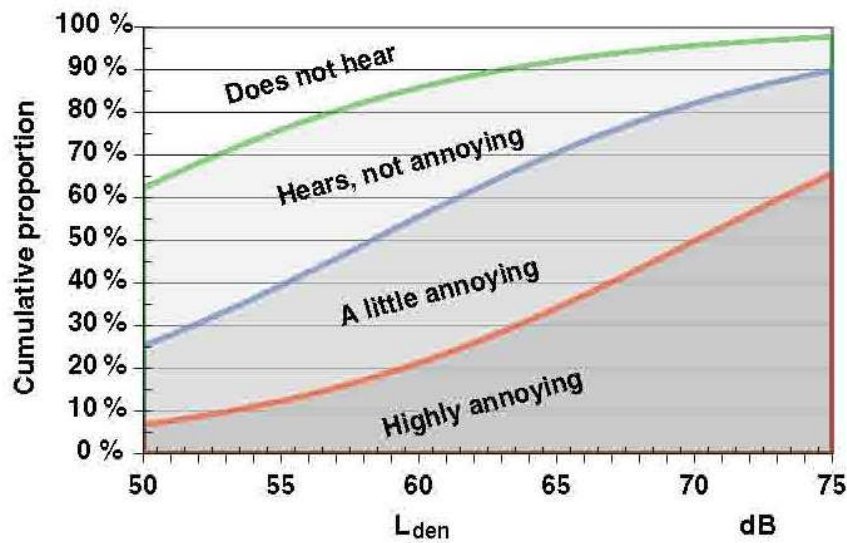


Fig. 4. Cumulative proportion of people experiencing different degrees of annoyance for different road traffic noise exposure values ( $L_{den}$ ). Annoyance when right outside apartment. Five Norwegian socio-acoustic surveys.  $N = 3957$ .

Abbildung 25 Anteil Belästigter in Abhängigkeit von Pegel, innen, Straße, Klæboe et al. 2004

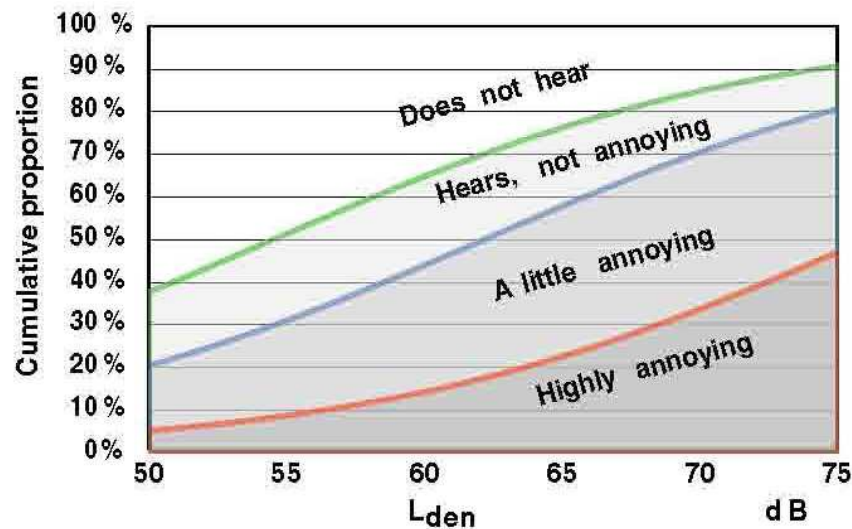


Fig. 5. Cumulative proportions of people experiencing different degrees of annoyance for different road traffic noise exposure values ( $L_{den}$ ). Indoor annoyance. Five Norwegian socio-acoustic surveys.  $N = 3985$ .

Die nachfolgenden Abbildungen vergleichen die hier erhaltenen Dosis-Wirkungskurven mit den Miedema-Kurven. Es ist ersichtlich, dass die Miedema-Kurven eine deutlich geringere als die hier beobachtete Lärmbelästigung ergeben<sup>16</sup>. Das gilt auch für die Belästigung innen<sup>17</sup>.

Abbildung 26 Anteil Belästigter Vergleich mit Miedema, außen, Straße, Klæboe et al. 2004

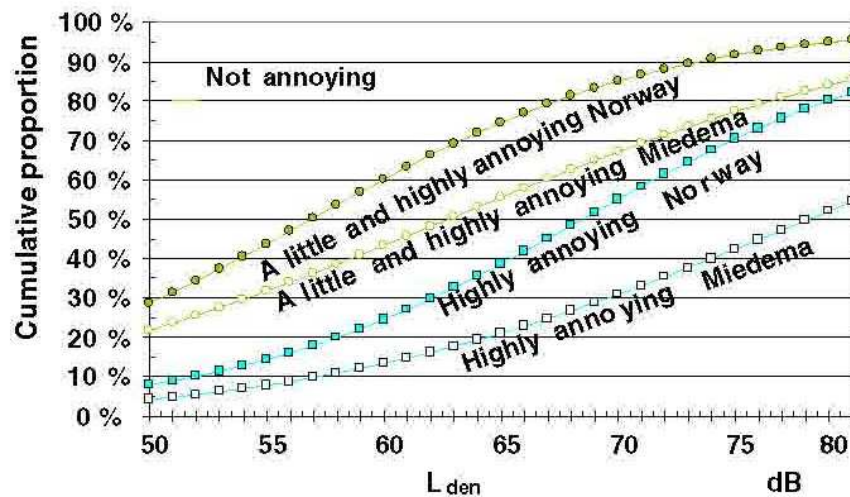


Fig. 6. Cumulative proportions of people experiencing different degrees of annoyance for different noise exposure values. Annoyance when right outside the apartment and “at home”. Five Norwegian socio-acoustic surveys.  $N = 3957$ . Twenty-six socio-acoustic studies [8].  $N = 19172$ .

Abbildung 27 Anteil Belästigter Vergleich mit Miedema, innen, Straße, Klæboe et al. 2004

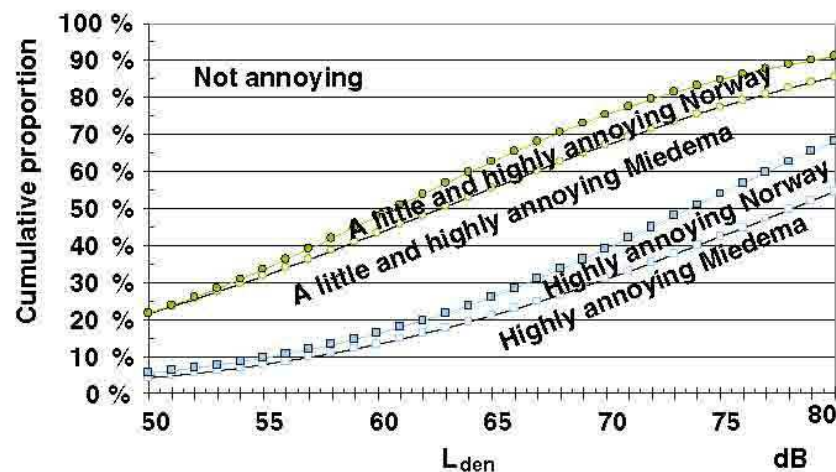


Fig. 7. Cumulative proportions of people experiencing different degrees of annoyance for different noise exposure values. Annoyance when in doors and “at home”. Five Norwegian socio-acoustic surveys.  $N = 3985$ . Twenty-six socio-acoustic studies [8].  $N = 19172$ .

<sup>16</sup> Allerdings ist der Gültigkeitsbereich der Miedema-Kurven auf Pegel  $L_{den} \leq 75$  dB(A) beschränkt.

<sup>17</sup> Als ein möglicher Aspekt unter anderen (s.u.) wird die durch die Bassanlage beider Städte ggf. erhöhte Luftschadstoffbelastung bei Inversionswetterlagen angeführt, die in der Wahrnehmung der Betroffenen nicht ausreichend vom Lärm abgegrenzt wird.

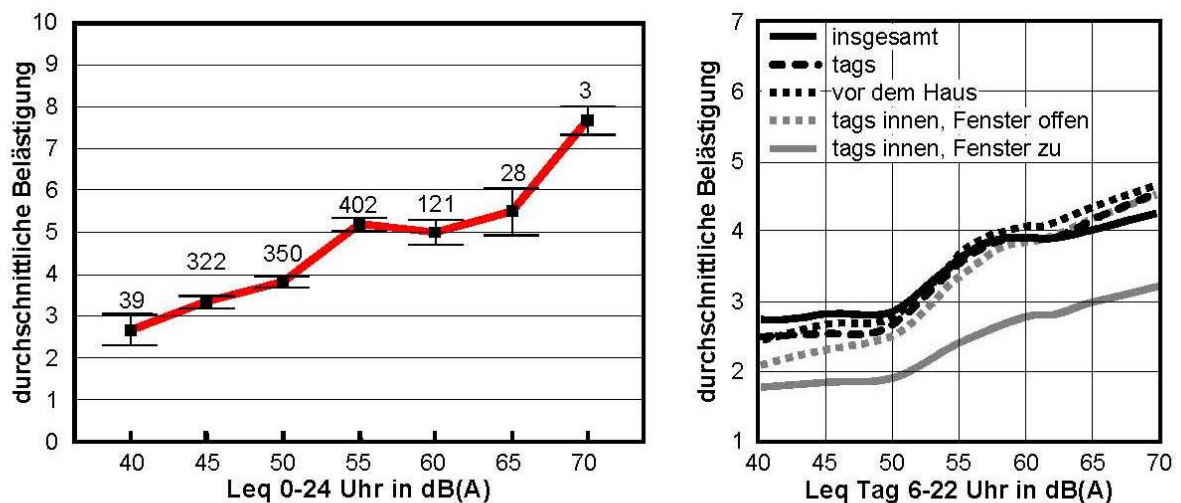


Da die Qualität der Fenster mit erfragt wurde, kann angegeben werden, dass Betroffene in Wohnungen mit einfachverglasten Fenstern ein Belästigungsniveau aufweisen, das einem um ca. 2,5 – 3 dB höheren Pegel als bei Mehrfachverglasung entspricht.

In der Lärmstudie 2000 (Zusammenfassung der Lärmstudie 2000 durch **Brink et al. 2005**<sup>6</sup>) wurden in den Jahren 2001-2004 die Auswirkungen von Fluglärm auf die Bevölkerung in der Umgebung des Flughafens Zürich-Kloten untersucht. In zwei Befragungen (2001: N = 1.826 und 2003: N = 1.721, davon 397 wie in 2001) wurde die Belästigung und deren zeitliche Veränderung erhoben. Die Lärmbelastung wurde berechnet (u.a. Angabe des  $L_{den}$ ); die Belästigung wurde mit Fragebogen erhoben (Verwendung der ICBEN-Skala, Erfragung der tageszeitlichen und situationsabhängigen Belästigung).

Die Abbildung 28 zeigt die Dosis-Wirkungskurve für die Gesamtbelästigung und die Belästigung tags für verschiedene Wohnsituationen für die Untersuchung 2001.

Abbildung 28 Dosis-Wirkungskurve, Flug, Untersuchung 2001, Lärmstudie 2000, 2005



Links: Zusammenhang zwischen der Schallpegel-Belastung von Personen mit Zivlfluglärm und durchschnittlicher Belästigung (Skala von 0-10). Senkrechte Balken: Standardfehler; Zahlen: Anzahl Personen pro 5dB-Intervall. N=1265 (N = Anzahl Personen). Rechts: Zusammenhang zwischen der Belastung von Personen mit Zivlfluglärm und der durchschnittlichen Belästigung (Skala von 1-7) für verschiedene Wohnsituationen tagsüber und allgemein. N zwischen 1223 und 1265.

Es fällt auf, dass die durchschnittliche Belästigung in Gebieten, in denen der Fluglärm tags keinen höheren Pegel als das Hintergrundgeräusch aufweist, recht hoch ist (bis zu 10 % stark Belästigte<sup>18</sup>), andererseits verlaufen die Kurven relativ flach. Die Belästigung insgesamt deckt sich

<sup>18</sup> Personen, die eine hohe Belästigung angaben, wiesen signifikante Unterschiede im Vergleich zu den anderen auf: Sie sind lärmempfindlicher, häufiger Hauseigentümer statt Mieter, sind eher ökologisch orientiert und führen gesundheitliche Probleme stärker auf den Fluglärm zurück.

mit derjenigen tags, bei geöffneten Fenster oder vor dem Haus. Das erklärt auch, weshalb kein signifikanter Effekt der Wirksamkeit von Schallschutzfenstern gefunden wurde.

Der Anteil von hoch belästigten Personen (%HA) ist in der dieser Studie zugrundeliegenden Dissertation von Wirth 2004<sup>43</sup> angegeben (s. Abbildung 29). Er zeigt im Vergleich zur Miedema-Kurve einen untypischen Verlauf: Im Bereich zwischen 50 und 55 dB(A) steigt der Anteil stark an, um von da an nur noch gering zuzunehmen. Der Anteil der Nichtbelästigten liegt ab etwa 50 dB(A) auch untypisch relativ konstant bei 10 %.

Abbildung 29 Anteil %HA, Untersuchung 2001, Flug, Wirth 2004

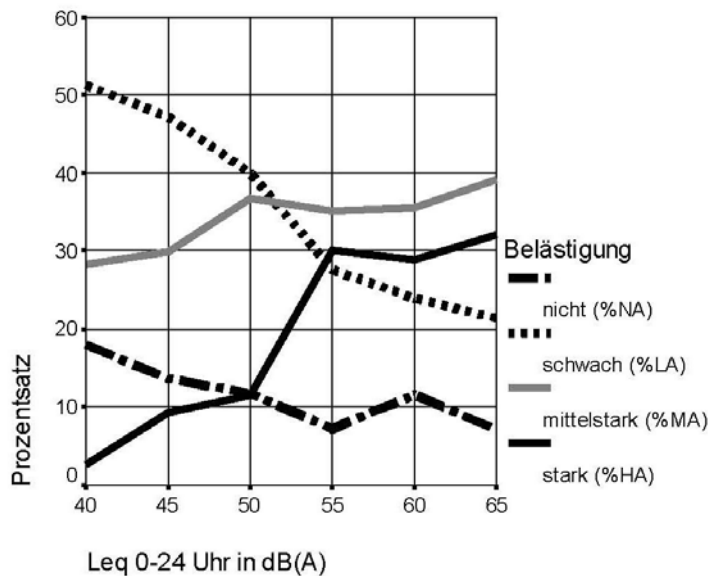
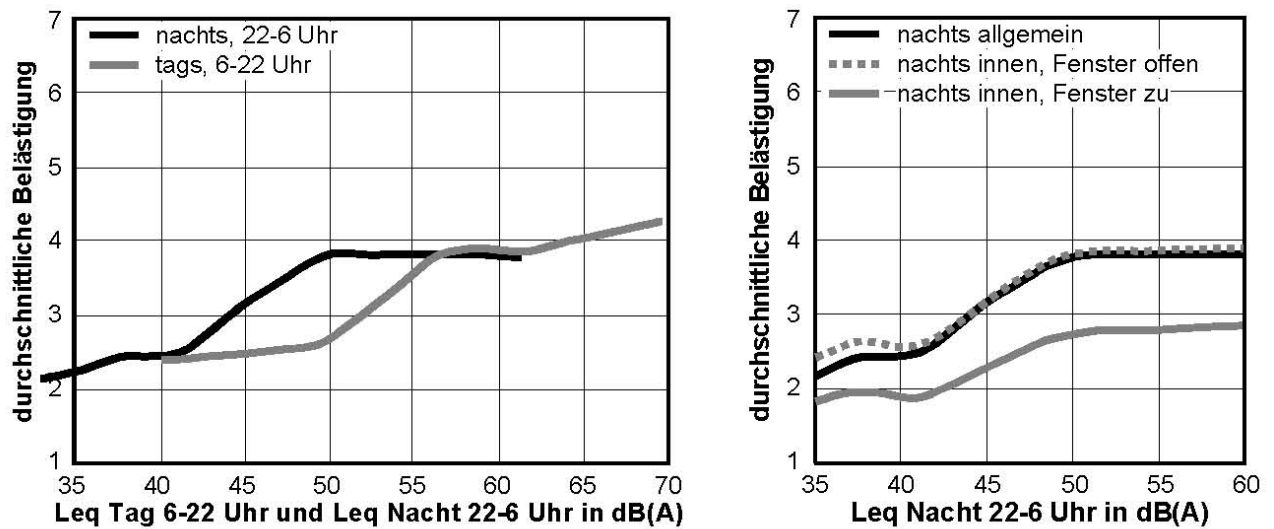


Abbildung 13 Anteil an nicht, schwach, mittelstark und stark belästigten Personen mit Zivilfluglärm, aufgrund des  $L_{eq}$  0-24 Uhr (5dB-Klassen). N=1265.

Die Höhe der Belästigung nachts wurde auf einer Skala von 1-7 erhoben (s. Abbildung 30).

Abbildung 30 Dosis-Wirkungskurve nachts, Flug, Lärmstudie 2000, 2005



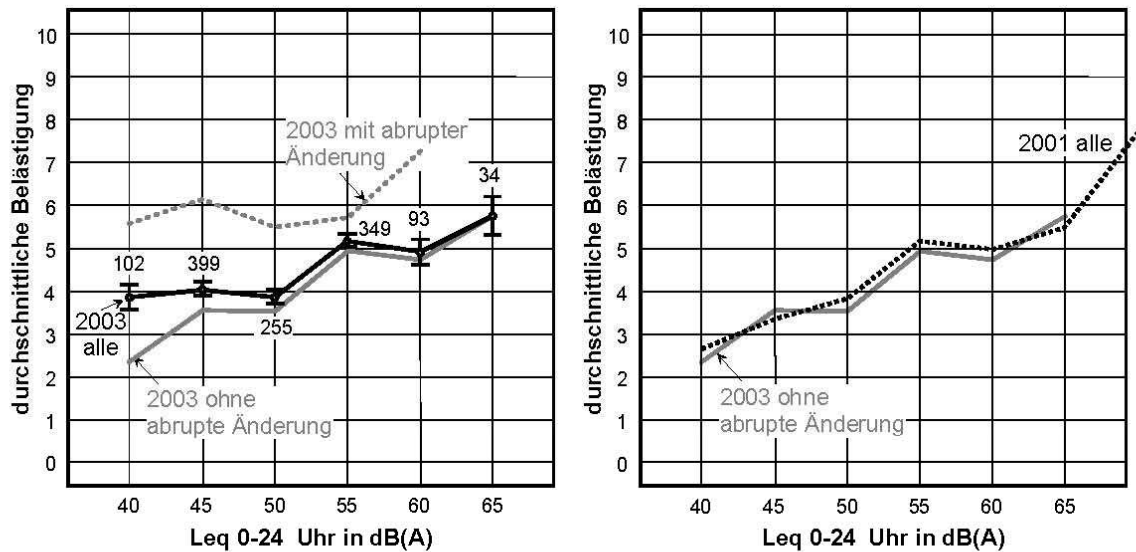
Links: Fluglärmelastung von Personen mit nächtlichem Zivilfluglärm in Abhängigkeit des  $L_{eq}$  Nacht verglichen mit der Belastung tagsüber mit dem  $L_{eq}$  Tag.  $N=1215$ .

Rechts: Zusammenhang zwischen der Belastung von Personen mit Zivilfluglärm und der durchschnittlichen Belastung (Skala von 1-7) für verschiedene Wohnsituationen nachts.  $N$  zwischen 1227 und 1247.

Auch hier scheint die allgemeine Belastung durch die Situation mit geöffnetem Fenster widerspiegelt zu werden. Die Belastung ist nachts höher als tags, was sich nicht mit den o.a. Aussagen von Hoeger et al. deckt und weist nur in Pegelteilbereichen einen annähernd linearen Verlauf auf.

Die Untersuchung 2003 zeigt einen ausgeprägten Überschusseffekt bei Personen auf, die eine abrupte Zunahme des Flugverkehrs erleben mussten (Einführung der Ostanflüge), s. Abbildung 31.

Abbildung 31 Dosis-Wirkungskurve, Flug, Lärmstudie 2000, Untersuchung 2003, 2005



Links: Zusammenhang zwischen der Lärmbelastung (5dB-Intervalle) und der durchschnittlichen Belästigung 2003 (Skala von 0-10) für alle Personen mit Zivilfluglärm (mittlere Kurve; N=1238; Balken = Standardfehler; Zahlen = Anzahl Personen), solche ohne abrupte Änderung des Fluglärms (untere Kurve; N=949) und solche mit abrupter Änderung des Fluglärms (obere Kurve; N=271).

Rechts: Zusammenhang zwischen Belastung und Belästigung für alle Personen mit Zivilfluglärm ohne wesentliche Änderung, für die Befragungen 2001 und 2003.

Die Lärmbelastung zeigt einen ausgeprägten „Tagesgang“, sie ist morgens zwischen 6 und 9 Uhr, mittags zwischen 11 und 14 Uhr sowie abends zwischen 18 und 23 Uhr am größten (das stimmt mit Erkenntnissen von „Leiser Verkehr“ 2005b<sup>44</sup> überein).

Es wurde gezeigt, dass der Pegel nur etwa maximal 15 % der Varianz der Belästigung erklärt<sup>19</sup>; Variablen, die signifikant sind, sind in der Tabelle 3 zusammengestellt.

<sup>19</sup> Nimmt man noch psychologische Variablen hinzu, können etwa 55 % der Belästigungsvarianz erklärt werden; das bedeutet aber auch, dass 45 % mit dem verwendeten Lärmwirkungsmodell nicht erklärt werden können.

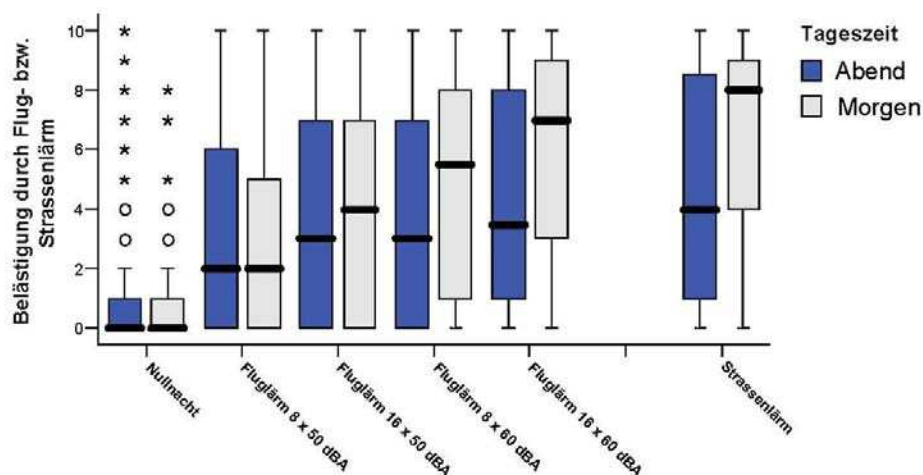
Tabelle 3 Moderatorvariable für das Belastungsurteil, Lärmstudie 2000, 2005

Intervenierende Moderatorvariable	Koeffizient $\beta$	Die angegebene Lärmbelastigung ist höher, ...
Einschätzung der Fluglärmbelastigung in Zukunft	+0.27	...wenn zukünftige Zunahme der Lärmbelastigung vermutet wird
$L_{eq}$ 0-24 Uhr	+0.25	...bei zunehmendem $L_{eq}$
Bewertung des Flugverkehrs (gefährlich, interessant...)	-0.16	...je negativer die Bewertung ist
Zufriedenheit Wohnort, akustische Aspekte (Straßenverkehr, Schalldämmung Haus...)	-0.13	...je kleiner die Zufriedenheit ist
Worauf sollen Politiker achten (Ruhe und Umweltschutz / Wirtschaftsstandort Zürich)	+0.12	...bei Einstellung zu mehr Umweltschutz
Ergreifen von Massnahmen gegen Lärm zum Schlafen (Fenster schliessen, Ohrstöpsel....)	+0.10	...je häufiger Massnahmen ergriffen werden
Besitzverhältnis (Eigentümer / Mieter)	-0.11	...bei Eigentümern
Gesundheitsprobleme zurückzuführen auf Fluglärm	+0.10	...wenn Gesundheitsprobleme vermutet werden
Vertrauen in Organisationen (Flughafen, Politiker...)	-0.10	...je kleiner das Vertrauen ist
Lärmempfindlichkeit	+0.07	...je grösser die Lärmempfindlichkeit ist

*Intervenierende Variablen für das Fluglärm-Belastigungsurteil (lineare multiple Regression, nur Personen mit Zivilfluglärm, N=959). Der standardisierte Koeffizient  $\beta$  ist proportional zur Effektstärke. Die stärkste „Erklärungskraft“ hat die eingeschätzte Belastigung in Zukunft, danach folgt der Schallpegel.*

In einer Teilgruppe (N = 60) wurden die Versuchspersonen zu Hause mit Fluglärm unterschiedlicher Pegel und Häufigkeit und Straßenverkehrslärm ( $L_{Aeq,1,5h} = 40,8$  dB, entspricht 16 x 60 dB(A) Fluglärm) morgens oder abends jeweils 1,5 Stunden beschallt. Die Abbildung 32 zeigt den Vergleich der Belastigungsreaktionen.

Abbildung 32 Belästigung durch Flug- und Straßenverkehrslärm, Lärmstudie 2000, 2005



Belästigung durch Flug- und Strassenlärm bei Abend- und Morgenbeschallung. (Belästigungs-Skala von 0=überhaupt nicht bis 10=äusserst). Boxplots mit Median, Interquartil-range und Min/Max10. (Datenbasis: 229 Nullnächte, 829 Fluglärm- und 155 Strassenlärmnächte)

Die Versuchspersonen reagieren im Mittel belästigter auf morgendliche denn auf abendliche Beschallung<sup>20</sup>; gegenüber Nullnächten war die Belästigung durch Straßenverkehrslärm höher als durch Fluglärm<sup>21</sup>. Der Anteil Hochbelästigter steigt von ca. 13 % bei 8 x 50 dB(A) auf knapp 40 % bei 16 x 60 dB(A).

Die Auswirkungen des Zugangs zu einer ruhigen Fassade anzugeben, ist das Ziel der Arbeit von **Öhrström et al. 2006**<sup>45</sup>. In einer Studie zum Verkehrslärm (Straße) wurden zwischen 2000 und 2002 in vier schwedischen Städten 956 Personen befragt. Die Lärmexposition wurde durch Lang- und Kurzzeitmessungen sowie Berechnungen erfasst und durch den  $L_{Aeq,24h}$  beschrieben. Die Lärmbelästigung wurde mit drei Skalen erhoben: Eine 5-stufige verbale Skala mit Ziffernbewertung („don't notice“ = 0,..., „very annoyed“ = 4), eine 5-stufige verbale Skala („not at all annoyed“ = 1,..., „extremely annoyed“ = 4) entsprechend ISO 15666 sowie eine numerische Skala von 0 bis 10. Die Störung bei Tagesaktivitäten wurde durch Fragen zur Häufigkeit und Intensität (Skala 0 bis 6) ermittelt. Ferner wurden Fragen zum Schlafverhalten und zum Gesundheitszustand gestellt.

Die Abbildung 33 zeigt den Anteil Belästigter (moderatly (mäßig), very (sehr), extremely annoyed (extrem belästigt)) unter Zugrundelegung der 5-stufigen Skala („not at all“, ..., „extremely

<sup>20</sup> Das sollte bei der Festlegung von Nachtflugverbotszeiten berücksichtigt werden.

<sup>21</sup> Das steht im Widerspruch zu Miedema und Vos und wird folgendermaßen kommentiert: „Unsere Ergebnisse deuten aber zumindest darauf hin, dass auf energetisch-akustischer Ebene Fluglärm nicht belästigender als Straßenlärm wahrgenommen wird. Es ist zu vermuten, dass für die Beurteilung landgebundenen Verkehrs in der Nacht (sei dies Straßen- oder Schienenverkehrslärm) aktualisierte Dosis-Wirkungszusammenhänge erhoben werden müssen und dass man anhand der publizierten Metaanalysen zur Tagesbelästigung nicht notwendigerweise auch auf Unterschiede der verschiedenen Verkehrsträger in der Nacht schließen kann.“

annoyed“) in Abhängigkeit vom Pegel und des Zugangs zu einer ruhigen Fassade. Dieser Anteil wäre etwa dem %A vergleichbar. Die Belästigungen ohne Zugang zu einer ruhigen Fassade liegen deutlich über den von Miedema angegebenen. Allerdings sind die Werte wegen der unterschiedlichen Metrik nicht direkt vergleichbar.

Abbildung 33 Anteil Belästigter in Abhängigkeit von Pegel und ruhiger Fassade, Straße, Öhrström et al. 2006

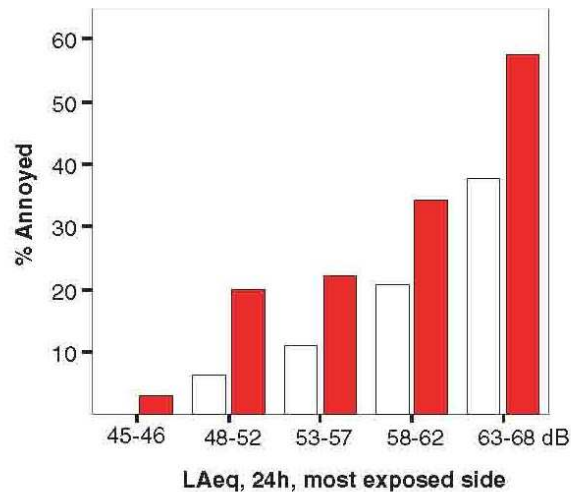


Fig. 2. Percentage annoyed at different sound levels (in  $L_{Aeq,24h}$ ) for individuals without (black bars) and with access to a quiet side of their dwelling (white bars).

In der Abbildung 34 ist die durchschnittliche Belästigung auf einer Skala von 0 bis 10 für unterschiedliche Aufenthaltssituationen dargestellt.

Abbildung 34 Durchschnittliche Belästigung in Abhängigkeit von Pegel und Situation, Straße, Öhrström et al. 2006

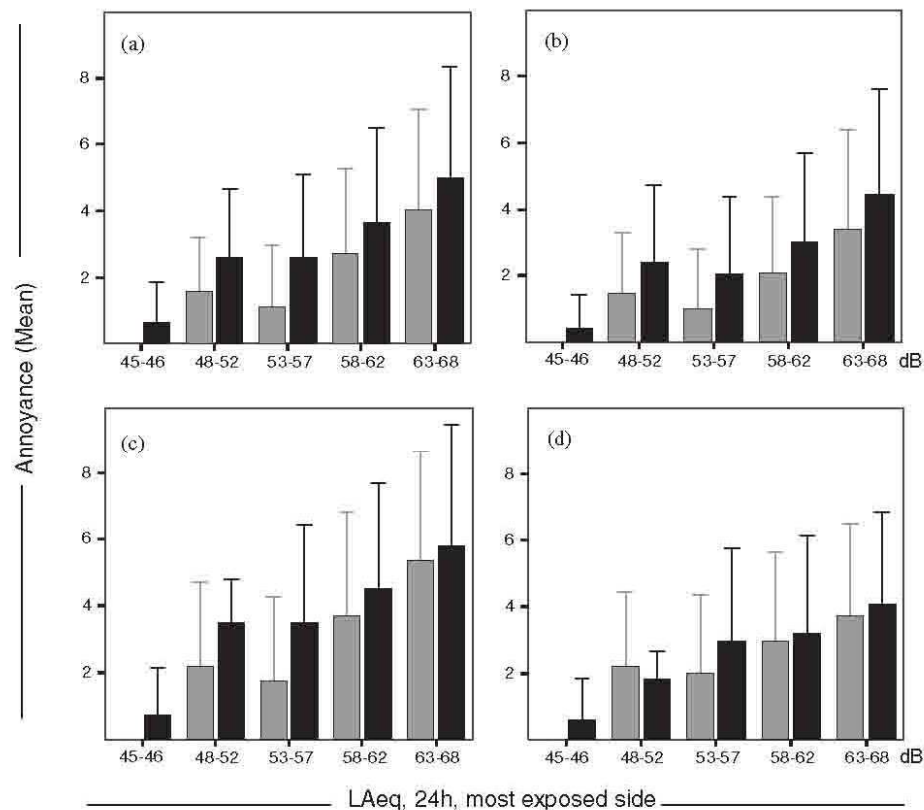


Fig. 3. Mean annoyance scale 0–10 for: (a) at home, (b) indoor, window shut, (c) indoor, window open, and (d) outdoor situations at different sound levels (in  $L_{Aeq,24h}$ ) for individuals without (black bars) and with access to a quiet side of their dwelling (grey bars).

Aus beiden Abbildungen wird deutlich, dass der Zugang zu einer ruhigen Fassade eine deutlich geringere Belästigung bei gleichem Pegel bewirkt.

Weiterhin wurden nichtlineare Dosis-Wirkungszusammenhänge (für die am stärksten belastete Fassade) dargestellt (vgl. Abb. 35). Die Kurven sind nicht direkt mit den Miedema-Kurven vergleichbar, zeigen aber bspw., dass sich der Anteil mäßig Belästigter von 3 % bei 45 dB(A) über 15 % bei 55 dB(A) und 25 % bei 60 dB(A) auf 53 % bei 68 dB(A) erhöht (stärkerer Anstieg als bei Miedema); der Anteil extrem Belästigter beträgt bei 68 dB(A) 24 %, was mit den Miedema-Kurven gut übereinstimmt.



Abbildung 35 Dosis-Wirkungskurven, Straße, Öhrström et al. 2006

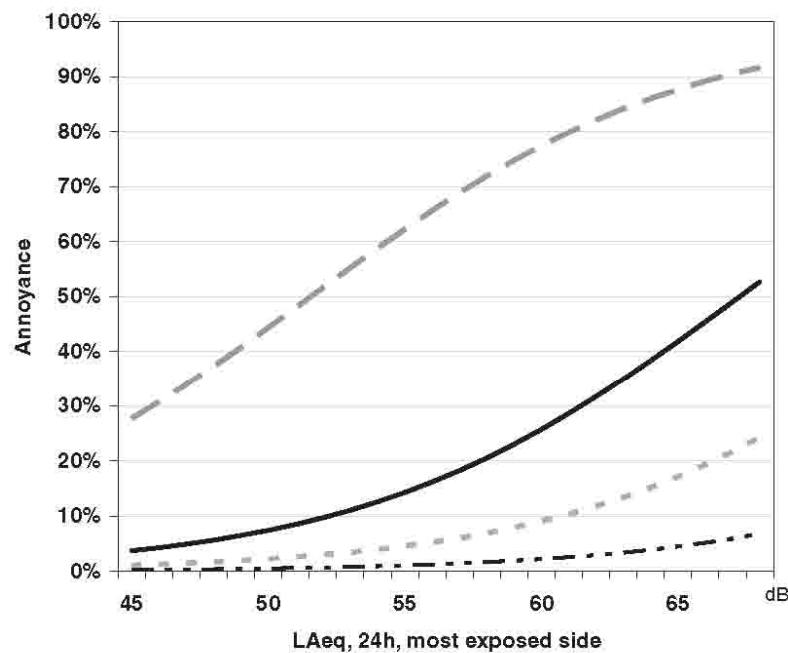
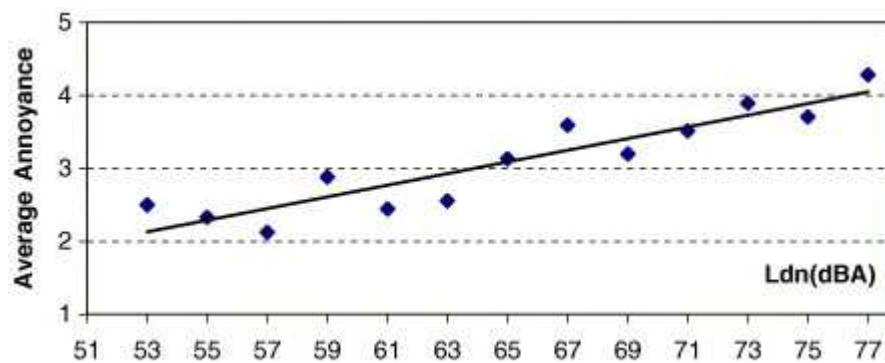
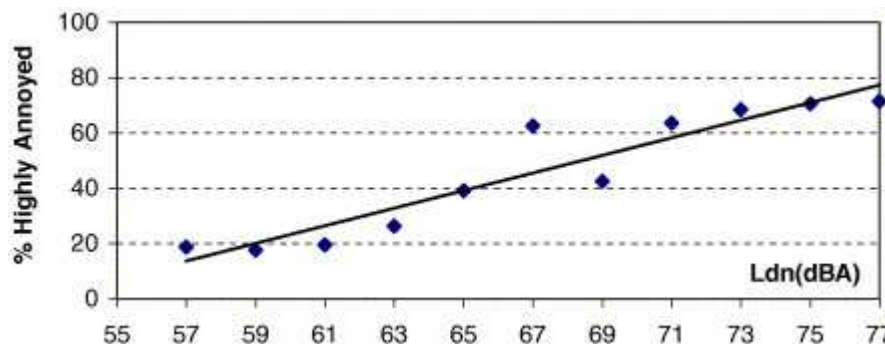


Fig. 4. Relationship between general annoyance (cumulative proportion) for different noise annoyance categories and sound levels in  $L_{Aeq,24h}$  at the most-exposed side of the dwelling: - - -, slightly, moderately, very and extremely; —, moderately, very and extremely; - - -, very and extremely, - - -, extremely.

**Martin et al. 2006**<sup>46</sup> stellen neben Dosis-Wirkungszusammenhängen für Straßenverkehr auch Untersuchungen zu den Lärmkosten an. In Valladolid (Spanien) werden durch Befragungen Aussagen zur Belästigung, der Wohnung und deren Umgebung, aber auch zum Verhalten gegen den Lärm und zur ökonomischen Wertschätzung von Lärmreduktion erhalten (296 Fragebögen). Die Lärmexposition wurde gemessen ( $L_{Aeq}$ ) und daraus ein  $L_{dn}$  (und mit Bezug auf Miedema und Oudshoorn 2001 ein  $L_{den}$ ) berechnet.

Die Belästigung wurde mit einer 5-stufigen verbalen Skala („not at all“, ..., „very much“) ermittelt. Die Gruppe „much“ und „very much“ wurde als „highly annoyed“ zusammengefasst. Die räumliche Verteilung der hoch belästigten Personen ist derjenigen, die Pegeln über 65 dB(A) ausgesetzt sind, sehr ähnlich.

Angegeben wird ein linearer Zusammenhang zwischen durchschnittlicher Belästigung (von 1 bis 5) und  $L_{dn}$  ( $A = 0,077 \cdot L_{dn} - 1,923$ , vgl. Abbildung 36), sowie ebenfalls ein linearer Zusammenhang zwischen %HA und  $L_{dn}$  ( $\%HA = 3,333 \cdot L_{dn} - 176,667$ , vgl. Abbildung 37).

Abbildung 36 Durchschnittliche Belästigung in Abhängigkeit von  $L_{dn}$ , Straße, Martin et al. 2006Abbildung 37 %HA in Abhängigkeit von  $L_{dn}$ , Straße, Martin et al. 2006

Die hier angegebene Belästigung %HA liegt erheblich über der Miedema-Kurve (%HA als Funktion von  $L_{dn}$ ).

Zur Bestimmung der sozio-ökonomischen Auswirkungen des Lärms in Norwegen gibt **Gjestland 2007**<sup>47</sup> einen lärmartspezifischen linearen Zusammenhang zwischen Belästigungsgrad (annoyance score A) und Exposition ( $L_{den}$ ) an, wobei er sich auf Miedema und Oudshoorn 2001 bezieht:

$$A = 1,58(L_{den} + k) - 62,25 \quad [\%]$$

Gleichung 33

Der Parameter k ist ein quellspezifischer Korrekturfaktor und beträgt:  $k_{\text{Flug}} = + 6 \text{ dB}$ ,  $k_{\text{Straße}} = + 0 \text{ dB}$  und  $k_{\text{Schiene}} = - 6 \text{ dB}$ .

Der Gültigkeitsbereich des Zusammenhangs wird mit  $40 \text{ dB(A)} \leq L_{den} \leq 80 \text{ dB(A)}$  angegeben. Nähere Erläuterungen zur Begründung finden sich nicht.

Die Gesamtlärmbelästigung in einem bestimmten Gebiet wird als Summe der Belästigungsgrade aller Einwohner definiert (noise annoyance index, SPI). „1 SPI“ ist äquivalent zu einem extrem hoch belästigten Menschen oder, aufgrund der Linearität des Zusammenhangs, zu zwei mäßig belästigten Menschen usw..

Zu Ermittlung der Belästigung durch mehrere Quellen werden diese zunächst mittels des in Gleichung 33 angegebenen Zusammenhangs auf eine Referenzquelle (Straße) bezogen und

anschließend energetisch aufaddiert. Dieses Verfahren ist dem von Miedema 2004 vorgeschlagenen entlehnt.

Das Verfahren wird von den norwegischen Behörden zur Ermittlung der Lärmbelastigung in der Bevölkerung und der mit ihr verbundenen Kosten bereits verwendet.

**Kryter 2007<sup>48</sup>** zeigt durch Feldmessungen, dass die Fassadendämpfung des Schalls von Fluglärm etwa um 9 dB geringer ist als von Straßenverkehrslärm und leitet aus Studien ab, dass dieser Effekt für Schienenverkehrslärm etwa 14 dB ausmacht. Daraus schließt er auf die Notwendigkeit der Berücksichtigung in Dosis-Wirkungszusammenhängen.

Ferner zeigt er aufgrund von älteren Befragungen einen jahreszeitlichen Einfluss auf die Belästigung auf: Diese ist in der warmen Jahreszeit im Vergleich zur kälteren erhöht.

**Lim et al. 2007<sup>49</sup>** zeigen auf, dass die Belästigungsreaktionen auf Fluglärm in asiatischen Ländern (Korea, Japan) deutlicher stärker sind, als das durch die Kurven von Miedema oder Finegold beschrieben würde (s. Abbildung 38). Auch sind Sättigungseffekte festzustellen.

Abbildung 38 %HA Fluglärm Korea, Japan, Miedema und Finegold in Abhängigkeit von  $L_{dn}$

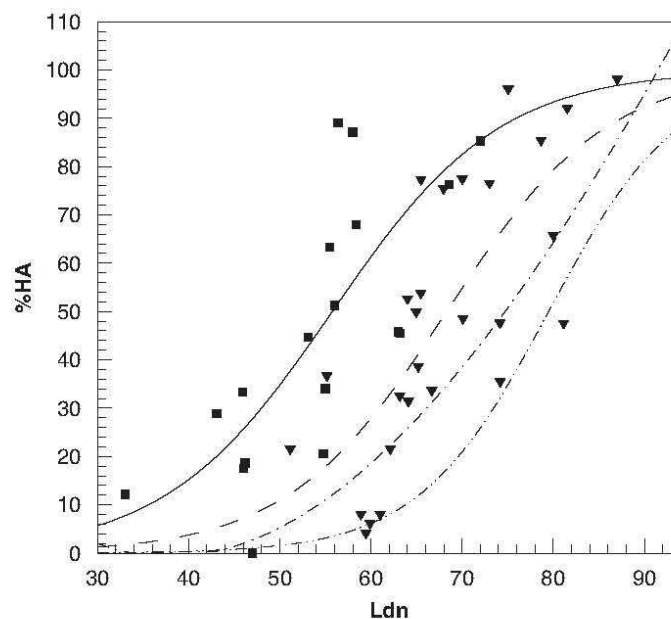
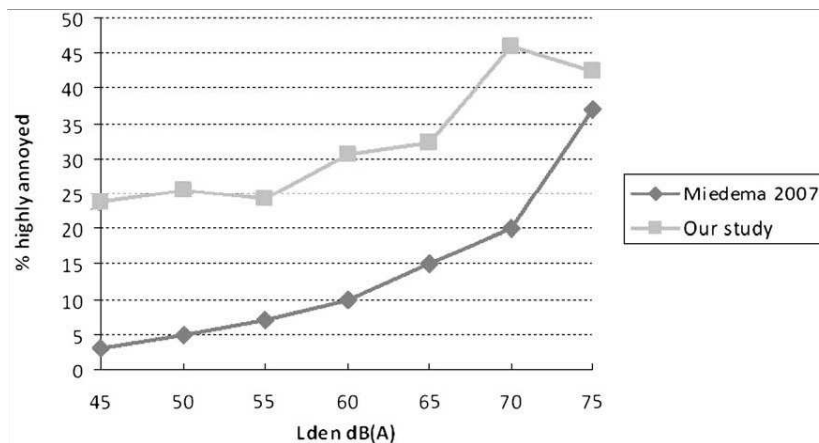


Fig. 5. Comparison between %HA prediction curve of civil aircraft noise in Korea and those in order country surveys (■ and ▼, field survey data in  $L_{dn}$  using a transformation rule in Korea and Japan, respectively; —, %HA prediction curve in this study; ---, %HA prediction curve of Osaka airport in Japan; - · -, Miedema's %HA prediction curve; · · ·, Finegold's %HA prediction curve).

Ferner scheint der koreanische Lärmindikator für Fluglärm, WECPNL, der die Anzahl der Überflüge zu verschiedenen Zeitpunkten des Tages mitberücksichtigt, besser als der  $L_{dn}$  (bzw.  $L_{den}$ ) in der Lage zu sein, einen Zusammenhang zwischen Belästigung und Exposition herzustellen.

**Jakovljevic et al. 2008**<sup>50</sup> untersuchten für die Stadt Belgrad den Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm und Belästigung. In die Befragung wurden 3.097 Personen einbezogen, die Ermittlung der Lärmbelastung erfolgte durch Messungen in den Straßen (jedoch nicht an den Gebäudefassaden der Betroffenen). Die erhaltene Dosis-Wirkungskurve liegt erheblich über der Miedema-Kurve (s. Abbildung 39), was auch auf die nicht ortsgenaue Erfassung der Lärmexposition zurückzuführen sein könnte.

Abbildung 39 %HA, Straße, Jakovljevic et al. 2008



Allerdings war die Korrelation zwischen Lärmbelastung und Lärmexposition ( $L_{den}$ ) gering (0,096). Die stärkste Korrelation zwischen Belästigung und Expositionsgrößen wurde mit dem  $L_{Aeq}$  (nachts) mit 0,0121 sowie der Anzahl der schweren Lkw nachts (0,112) erhalten. Als entscheidende Faktoren, die das Belästigungsurteil bestimmten, erwiesen sich die Lärmempfindlichkeit (0,413) sowie die Orientierung der Fenster in Bezug zur Quelle (0,203).

Für den Stuttgarter Stadtteil Fasanenhof untersuchen **Scholz und Jebens 2008**<sup>51</sup> die Belästigung durch Straßenverkehrslärm<sup>22</sup>. Die Lärmbelastung wird an den Fassaden stockwerksgenau berechnet. Die Ermittlung der Lärmbelastung der 975 Befragten erfolgt mit einer 5-stufigen Skala, die sich nicht an der üblichen Fragestellung gemäß ICBEN orientiert (Stufe 1: „Straßenverkehr stört selten die Ruhe bei geöffneten Fenster“, ..., Stufe 5: „Straßenverkehrslärm stört bei geschlossenem Fenster“). Die Belästigung ist zwischen 50 und 65 dB(A) nahezu konstant (ca. 20-23 % Gestörte der Stufen 4 und 5) und nimmt bei Pegeln > 65 dB(A) zu (ca. 70 % Gestörte der Stufen 4 und 5). Die Belästigung ist in den Altersgruppen zwischen 36 und 54 Jahren am stärksten ausgeprägt. Auch eine Abhängigkeit vom Bildungsgrad (geringere Lärmbelastung bei geringerem Bildungsgrad) sowie vom Status Mieter (geringere Belästigung) bzw. Eigentümer (höhere Belästigung) wird festgestellt<sup>23</sup>.

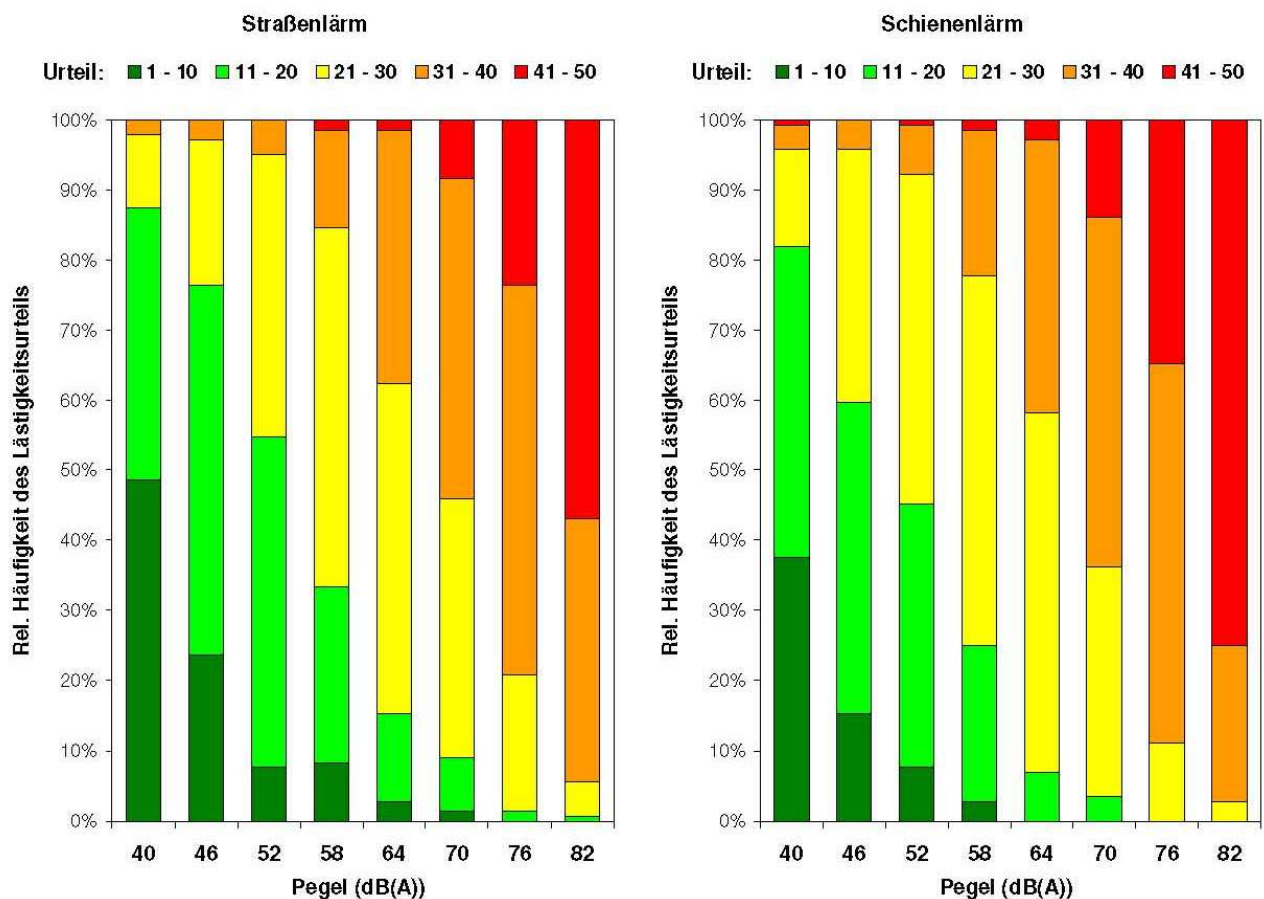
<sup>22</sup> Eine Berücksichtigung von Fluglärm erfolgt nicht, obwohl dieser Stadtteil in unmittelbarer Nähe des Flughafens erschlossen wurde.

<sup>23</sup> Dazu werden %HA mit  $L_{dn}$  nach Miedema berechnet; der Zusammenhang mit den erhobenen Belästigungsstufen wird allerdings nicht angegeben.

### 3.1.2 Laborstudien

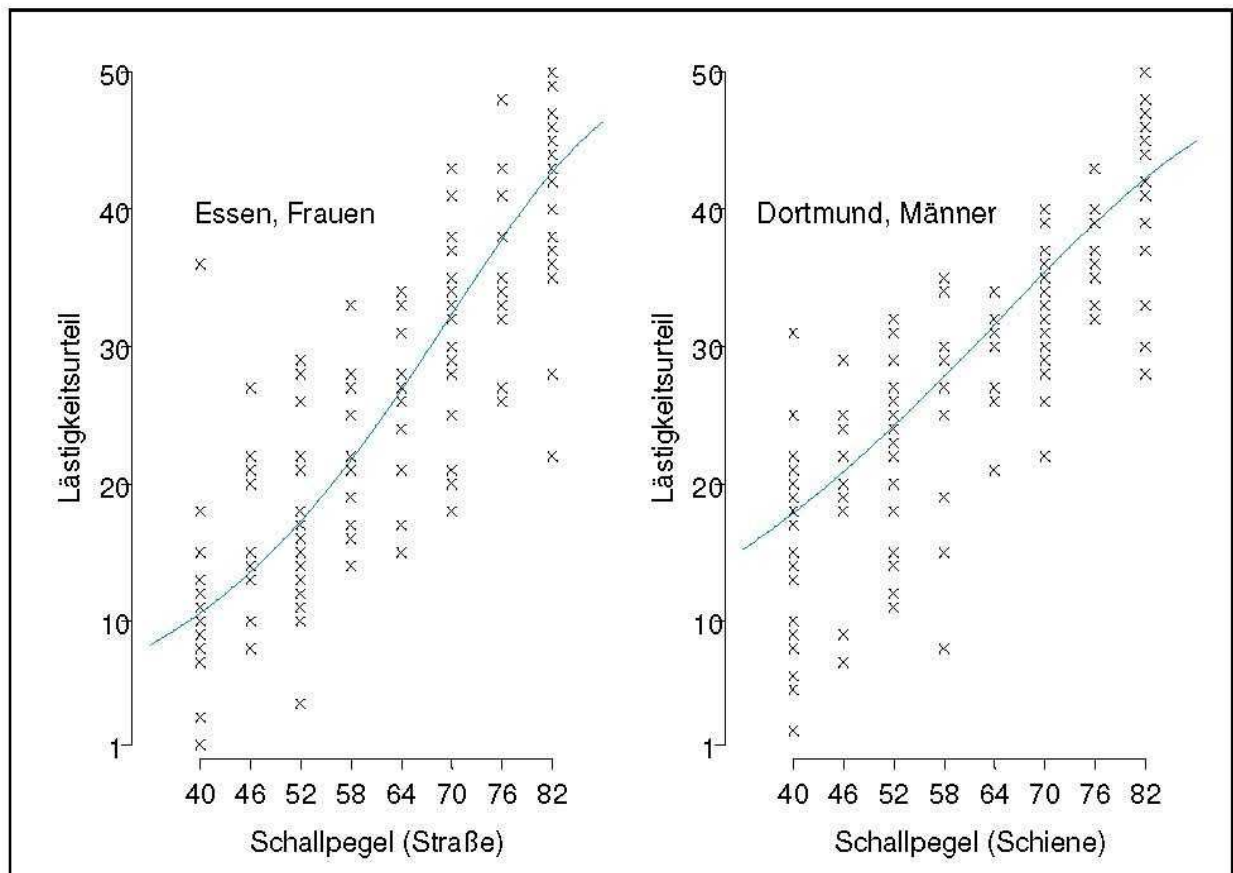
Im Rahmen des Forschungsverbunds „**Leiser Verkehr**“ 2005a<sup>52</sup> sollte ein Dosis-Wirkungsmodell zur Vorhersage von akuten Lästigkeitsreaktionen bei der Ausübung einer Tätigkeit (Lösen von Aufgaben) unter Einwirkung gleichzeitig auftretenden Straßen- und Schienenverkehrslärms entwickelt werden. In 3 Laboren nahmen 216 Probanden teil. In einem Vorversuch wurde zunächst die störende / belästigende Wirkung der Einzelgeräusche mit Pegeln zwischen 40 und 82 dB(A) (je 8 Szenarien von 3 Minuten Dauer, Abstufung jeweils 6 dB) untersucht. Die Ermittlung der Belästigung erfolgte in Anlehnung an die ICBEN-Empfehlung (5-wertige Skala untergliedert in 10 Teilstufen). Alter, Geschlecht, Lärmempfindlichkeit, aktuelles Befinden wurden erfasst. Die erhaltenen Dosis-Wirkungszusammenhänge sind in den Abbildungen 40 und 41 dargestellt.

Abbildung 40 Relative Häufigkeit für Lästigkeitskategorien, Straße und Schiene, FV „Leiser Verkehr“ 2005



Es ergeben sich angenähert lineare Zuwächse der Belästigung mit dem Pegel, wobei Schienenverkehrslärm als deutlich belästigender empfunden wird. Es zeigte sich keine Geschlechtsspezifität.

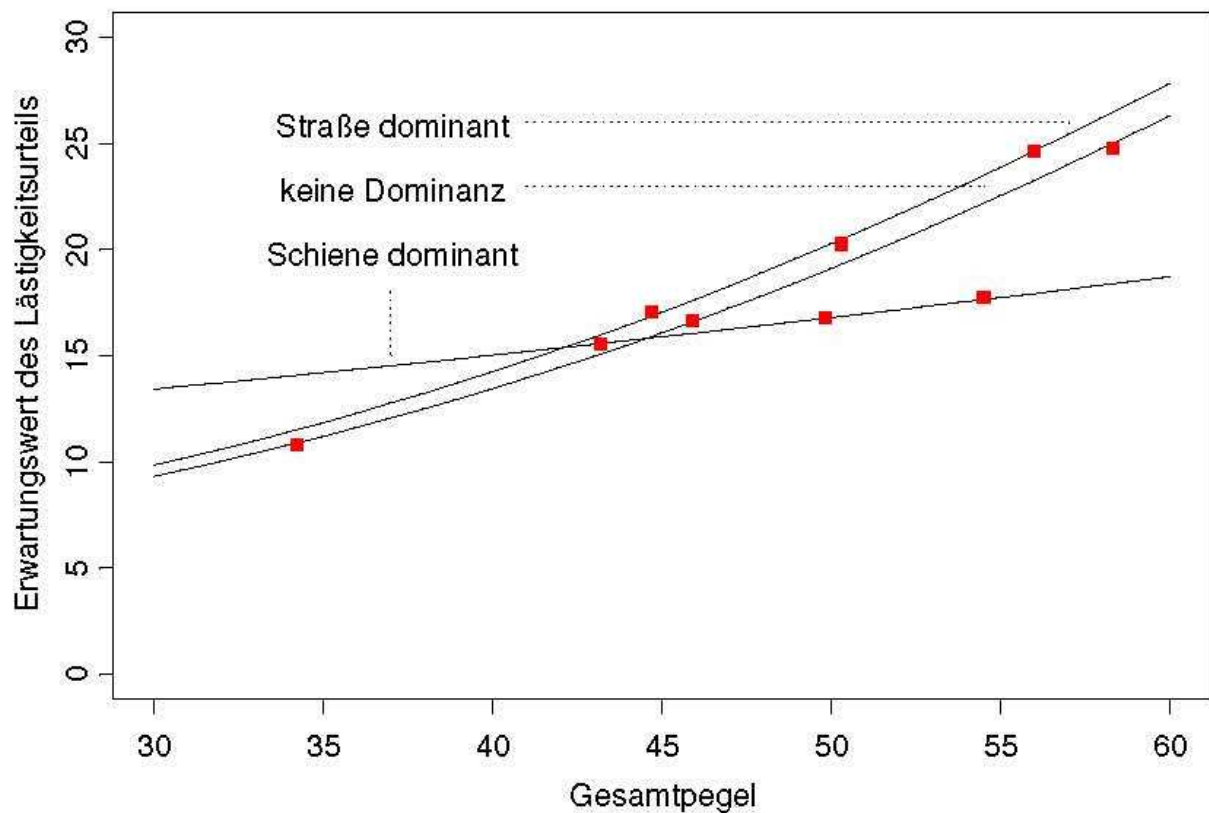
Abbildung 41 Dosis-Wirkungsbeziehung, Straße und Schiene, FV „Leiser Verkehr“ 2005



Im Hauptversuch wurde mit insgesamt 72 Probanden die Lästigkeitswirkung von Straßen- und Schienenverkehrslärm in Kombination untersucht. Dabei zeigte sich eine höhere Belästigung, wenn die Straßenverkehrslärmquelle dominierte (s. Abbildung 42)<sup>24</sup>.

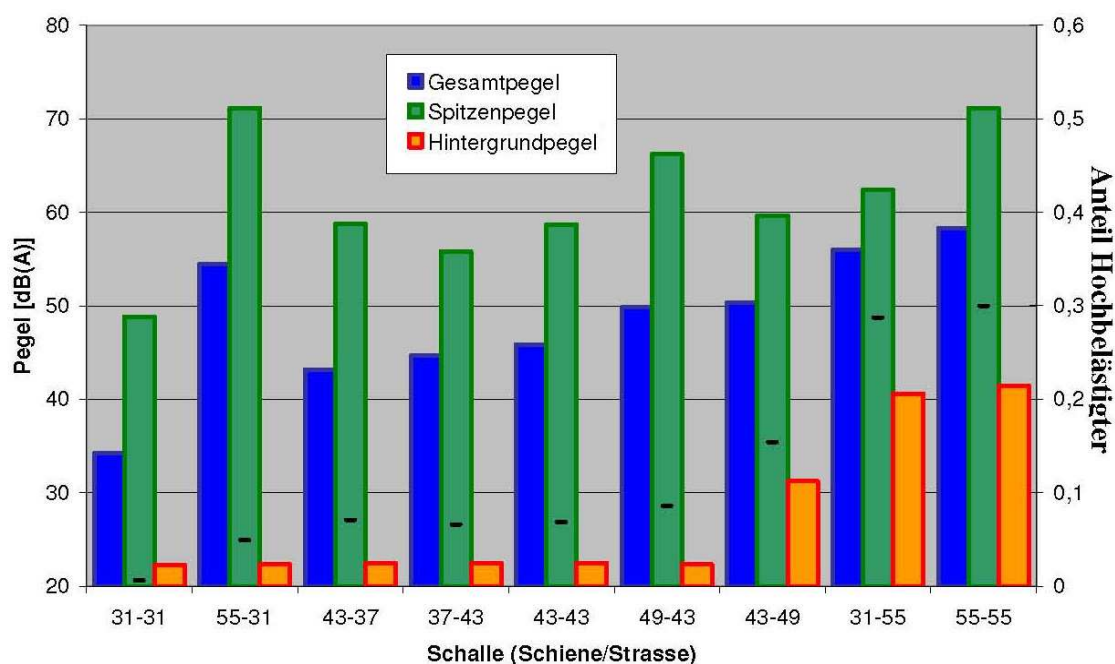
<sup>24</sup> Die roten Kästchen markieren die Pegelkombinationen.

Abbildung 42 Lästigkeitsurteile für Kombinationen, Straße und Schiene, FV „Leiser Verkehr“ 2005



Bei den untersuchten Geräuschkombinationen scheinen, bei gleichem Gesamtpegel, diejenigen weniger lästig zu sein, die wenige Ereignisse mit höheren Pegeln enthalten, während häufigere Ereignisse mit niedrigeren Pegeln als belästigender bewertet wurden (vgl. Abbildung 43).

Abbildung 43 Lästigkeitsurteile bei unterschiedlichen Spitzenpegeln, Straße und Schiene, FV „Leiser Verkehr“ 2005



Ferner konnte gezeigt werden, dass, bei vergleichbarem Schwierigkeitsgrad, die Art der zu lösenden Aufgaben einen Einfluss auf das Lästigkeitsurteil hat.

In einer quasi Laborstudie mit 100 Probanden versuchten **De Coensel et al. 2007**<sup>53</sup> mögliche Unterschiede in der Belästigung durch den Lärm von Autobahnen, konventionellen Zügen und Hochgeschwindigkeitszügen herauszuarbeiten. Um eine typische Laboratmosphäre zu vermeiden, wurden die Experimente in einer Wochenendhaussiedlung durchgeführt; die Probanden waren in leichte tägliche Aktivitäten involviert, die Geräuscharbeitung erfolgte durch Lautsprecher von außen. Als Exposition wurde der daraus berechnete Fassadenpegel angenommen. Für drei verschiedene Zugtypen wurden in einem 10-minütigen „Menü“ jeweils Vorbeifahrten von je 45 s dargeboten. Die Vorbeifahrtsgeräusche wurden in 25 m, 50 m, 100 m und 200 m aufgenommen. Das 10-minütige Autobahngeräusch wurde in 50 m Entfernung von der nahen Fahrspur aufgenommen. Das Geräusch diente als Referenzquelle („master scaling“).

Es zeigte sich, dass die Entfernung von der Quelle einen Einfluss auf die Belästigung hat: Im Bereich zwischen 50 und 65 dB(A) sind Zugvorbeifahrten in größeren Entfernungen weniger lästig. Es gab keinen nachweisbaren Einfluss der Zugart auf die Belästigung; allerdings wurden Vorbeifahrten mit hohen Geschwindigkeiten bei gleichen Pegeln als lästiger empfunden. Im Vergleich zwischen Straße und Schiene konnten keine signifikanten Unterschiede gefunden werden. In der Abbildung 44 ist die Belästigung in Abhängigkeit vom Pegel für die verschiedenen Zugtypen dargestellt.



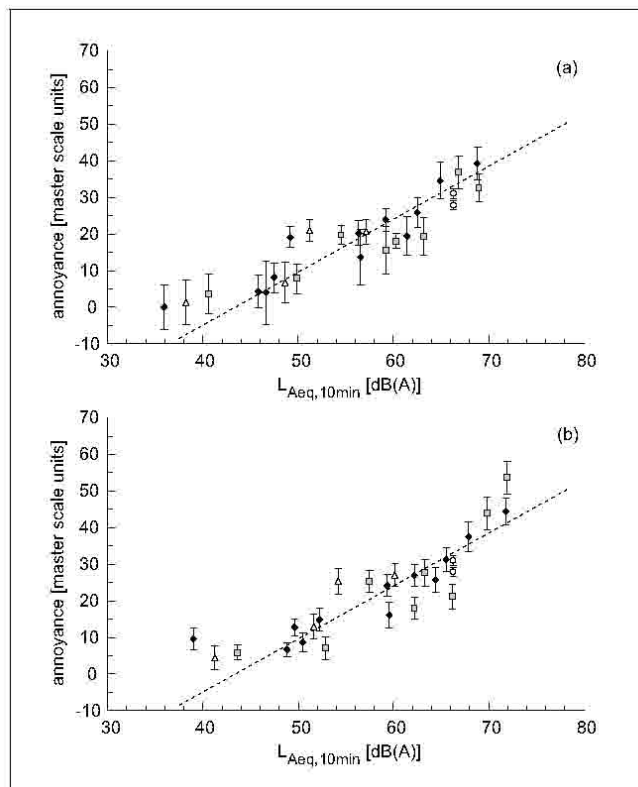
Abbildung 44 Durchschnittliche Belästigung in Abhängigkeit von  $L_{dnr}$  Schiene, De Coensel et al. 2007

Figure 7. Average master scaled annoyance of the menus versus  $L_{Aeq,10min}$  (a) for 2 events per 10-minute menu and (b) for 4 events per 10-minute menu, for different types of train sounds: (▲) IC train, (■) TGV and (◆) maglev train. In comparison, the annoyance for the highway traffic (●) is also shown. Standard error on means is indicated, as well as the master function (dashed line).

Im Rahmen des Projekts „silence“ untersuchten **Preis et al. 2007**<sup>54</sup> die Lästigkeitswirkung verschiedener Geräuschquellen (Straßenbahn, Bus, Lkw) sowie in einer weiteren Untersuchung von neun verschiedenen, mit dem Schienenverkehr verbundenen Geräuschen an jeweils 20 Probanden im Labor. Für die erstgenannten Geräuschquellen betrug der  $L_{pAmax}$  74,2 dB(A), unterschiedliche Pegel wurden erzeugt (−9 dB, −6 dB, −3 dB, 0 dB, +3 dB, +6 dB, +9 dB). Jeder Stimulus wurde mit einer Dauer von 30 s eingespielt. Die Lästigkeit wurde mit einer 11-stufigen Skala (ICBEN-konform) erfasst. Die erhaltenen linearen Dosis-Wirkungsrelationen sind in der Abbildung 45 dargestellt<sup>25</sup>.

<sup>25</sup> In der Arbeit wird argumentiert, dass die unterschiedlichen Kurvenverläufe einen Anhaltspunkt für einen Bonus von 3 dB für die Straßenbahn geben können.

Abbildung 45 Belästigung für Straßenbahn, Bus, Lkw, Preis et al. 2007

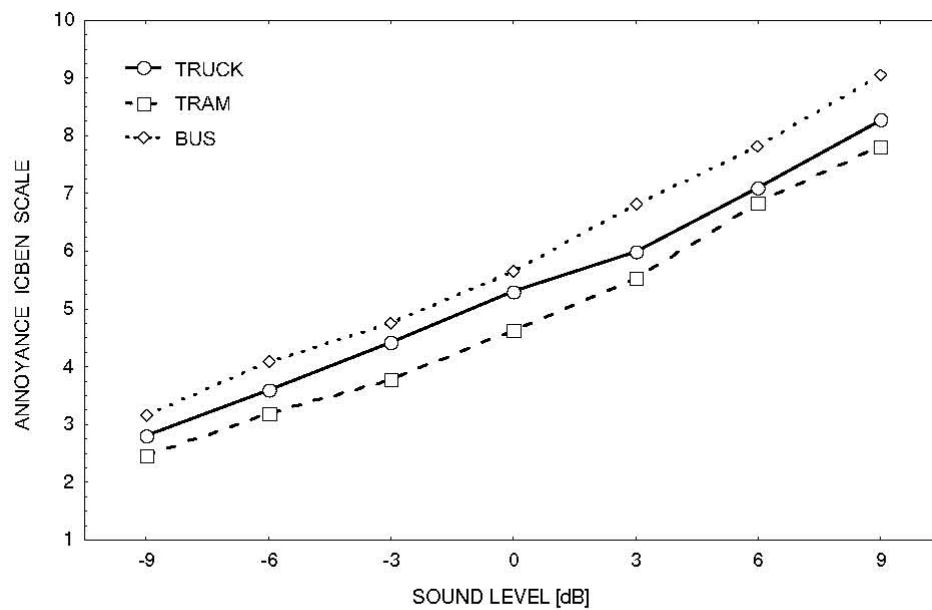


Fig. 5. Perceived annoyance scale for three different sound sources presented at seven sound levels.

Zur Untersuchung der Lästigkeitswirkung der neun verschiedenen, mit dem Schienenverkehr verbundenen, Geräusche wurde ein ähnliches Vorgehen gewählt. Als Referenz wurden alle Geräusche bei einem  $L_{Aeq}$  von 70 dB(A) (andere Pegel: -6 dB, -3 dB, 0 dB, +3 dB, +6 dB) betrachtet. Auch hier zeigten sich annähernd lineare Dosis- Wirkungskurven (s. Abbildung 46).

Abbildung 46 Belästigung für 9 Schienenverkehrsgeräusche, Preis et al. 2007

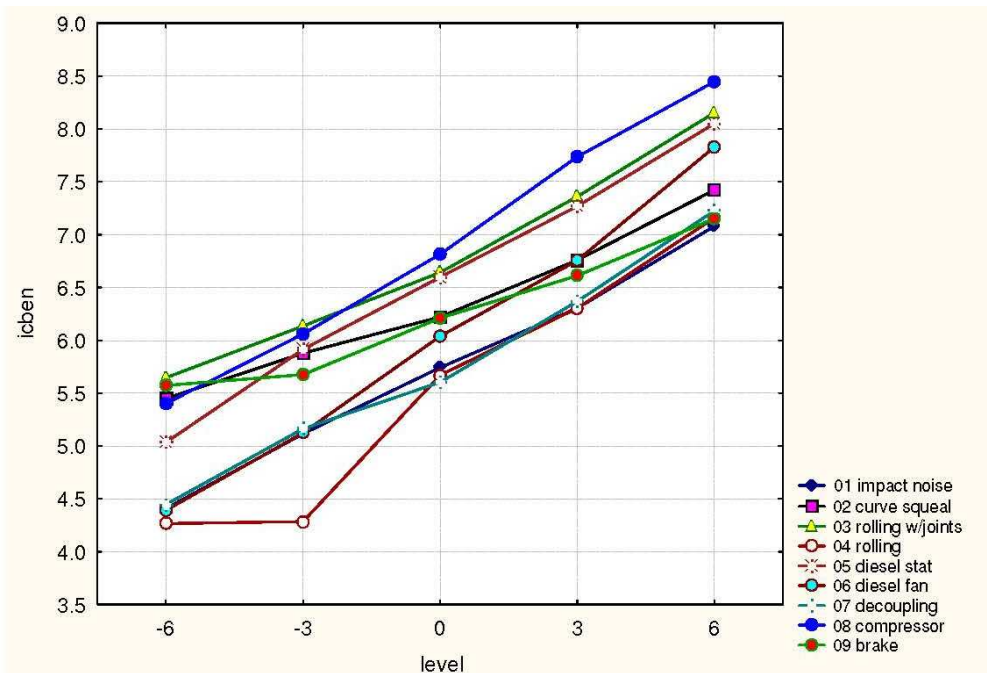


Fig. 2. Perceived annoyance scale for 9 different sound sources presented at five sound levels.

In einer Studie mit 72 Teilnehmern<sup>26</sup> untersuchten **Kuhnt et al. 2008**<sup>55</sup> den kombinierten Einfluss von Straßen- und Schienenverkehrsgeräuschen (Züge und Kfz mit konstanten Vorbeifahrtsgeschwindigkeiten) auf das Lästigkeitsurteil in verschiedenen Arbeitssituationen. Die Verkehrsgeräusche mit Pegeln von jeweils 34<sup>27</sup>, 46 und 64 dB(A) und ihre Kombinationen (insgesamt neun Szenarien) wurden für eine Dauer von 5 Minuten im Labor präsentiert. Dabei waren grammatikalische Tests in zwei verschiedenen Schwierigkeitsstufen (leicht und schwer) zu bearbeiten. Insgesamt wurden 18 verschiedene Geräusch- und Arbeitsbedingungen simuliert.

Die Belästigung wurde auf einer 5-stufigen verbalen Skala („gar nicht belästigt“, ..., „äußerst belästigt“) widergespiegelt. Jede dieser Kategorien wurde nochmals in 10 Unterstufen verfeinert. Mit einem kovarianten Regressionsmodell wurde der in Abbildung 47 dargestellte Zusammenhang zwischen mittlerer Belästigung und Pegel erhalten.

Abbildung 47 Belästigung für verschiedene Quellenkombinationen und Aufgaben, Kuhnt et al. 2008

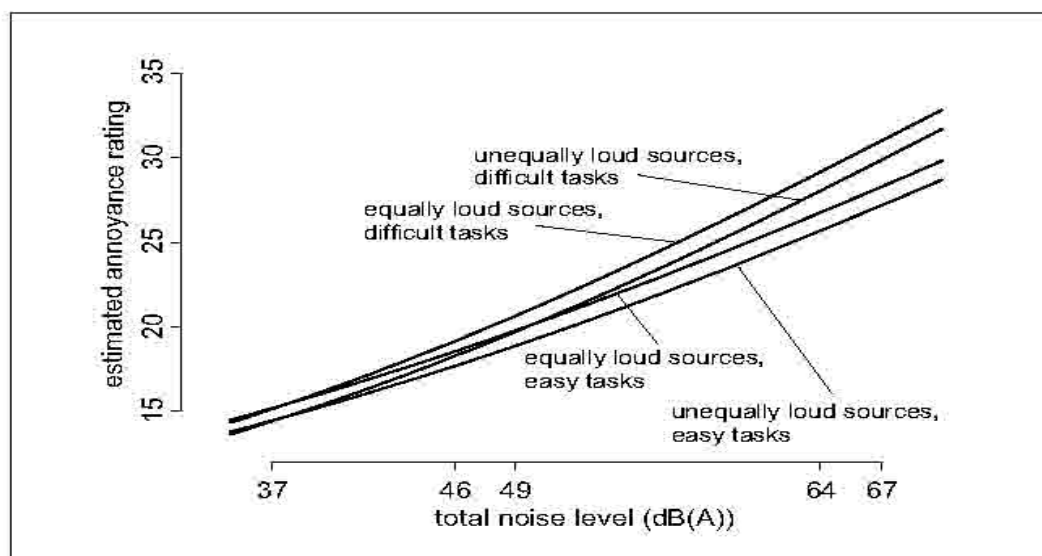


Figure 6. Estimated dose-response relationship for mean annoyance rating at different noise level.

Die Belästigung wächst, in einem vom Pegel der Quellen abhängigen Maß, mit der Schwere der Aufgabe. Die erhaltenen Dosis-Wirkungsbeziehungen sind nichtlinear.

Unter Verwendung des Konzepts „highly annoyed“ (allerdings mit einem Cut-Off von 31 von 50, entsprechend Fields et al.<sup>73</sup>, wo ca. 40% der höchsten Nennung als „highly annoyed“ eingestuft werden, aber im Unterschied zu Schultz und Miedema), wird die Belästigungsrelation in Abhängigkeit von Pegel und Aufgabenschwere analysiert (siehe Abbildung 48).

<sup>26</sup> Im Rahmen des Projekts „Leiser Verkehr“ entstanden

<sup>27</sup> Als Hintergrundgeräusch

Abbildung 48 %HA in Abhängigkeit vom Aufgabentyp, Kuhnt et al. 2008

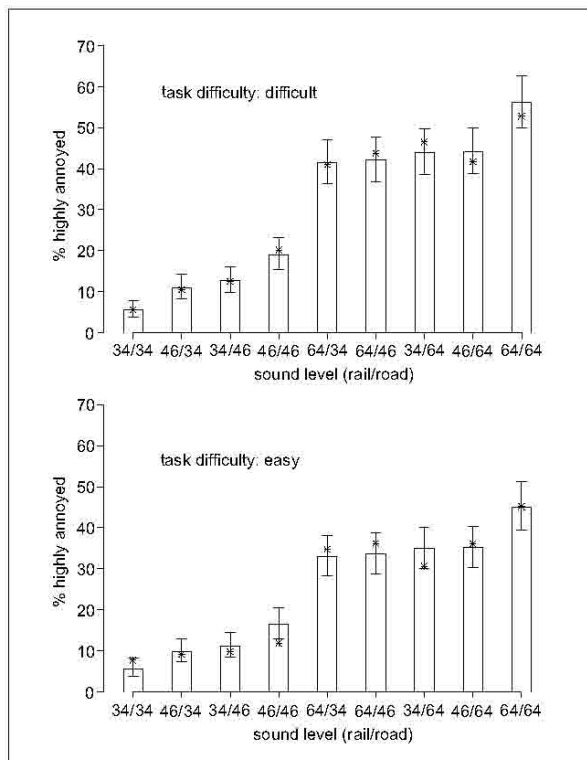


Figure 8. Observed percentages of highly annoyed subjects (asterisks) and estimated proportion of highly annoyed (box) together with 95% confidence intervals (vertical lines).

Die Belästigungsreaktionen lassen sich am besten durch das Energie-Summations-Modell erklären. Eine geringere Belästigung in Situationen, bei denen der Schienenverkehrslärm pegelbestimmend ist, lässt sich nicht ablesen.

### 3.1.3 Sonstige Aussagen

**Schuemer 2000**<sup>56</sup> gibt eine zusammenfassende Darstellung zur „Überschussreaktion“. Es wird betont, dass die - unter konstanten Geräuscheinwirkungen ermittelten - Dosis-Wirkungskurven auch nur geeignet sind, Belästigungsreaktionen unter „steady state conditions“ vorauszusagen: Sie sind eben gerade nicht geeignet, um die Effekte von Änderungen der Geräuschbelastung (wie es etwa mit der Aktionsplanung angestrebt wird) anzugeben.

In einer Literaturstudie zur Belästigung durch Straßenverkehr geht **Ouis 2001**<sup>57</sup> u.a. auf folgende Aspekte, die das Belästigungsurteil mitbestimmen, ein:

- Besondere Rolle der Lärmempfindlichkeit
- Bedeutung anderer Metriken ( $L_{Aeq}$  und  $L_{10}$  zeigten in Studien bei mittleren Pegeln die beste Korrelation mit der Belästigung)
- Anteil des Schwerverkehrs
- Tieffrequente Geräuschanteile
- Entfernung zur Lärmquelle
- Art der Studie (Feld vs. Labor)

Zum Einfluss von Geschlecht und Alter werden Studien mit unterschiedlichen Aussagen zitiert; ein jahreszeitliche Einfluss wird verneint. Die belästigende Wirkung von Schienenverkehr ist geringer als die des Straßenverkehrs und diese ist wiederum geringer als die von Flugverkehr. Neben den Kurven von Schultz, Fidell und Finegold werden auch Dosis-Wirkungsbeziehungen angegeben, die andere Metriken als den  $L_{Aeq}$  und daraus ableitbare Größen benutzen; auch wird sichtbar, dass es hier keine linearen Zusammenhänge zwischen der Belästigung und dem Pegel gibt (vgl. Abbildung 49).

Abbildung 49 Dosis-Wirkungszusammenhänge nach Crocker<sup>58</sup>, Ouis 2001

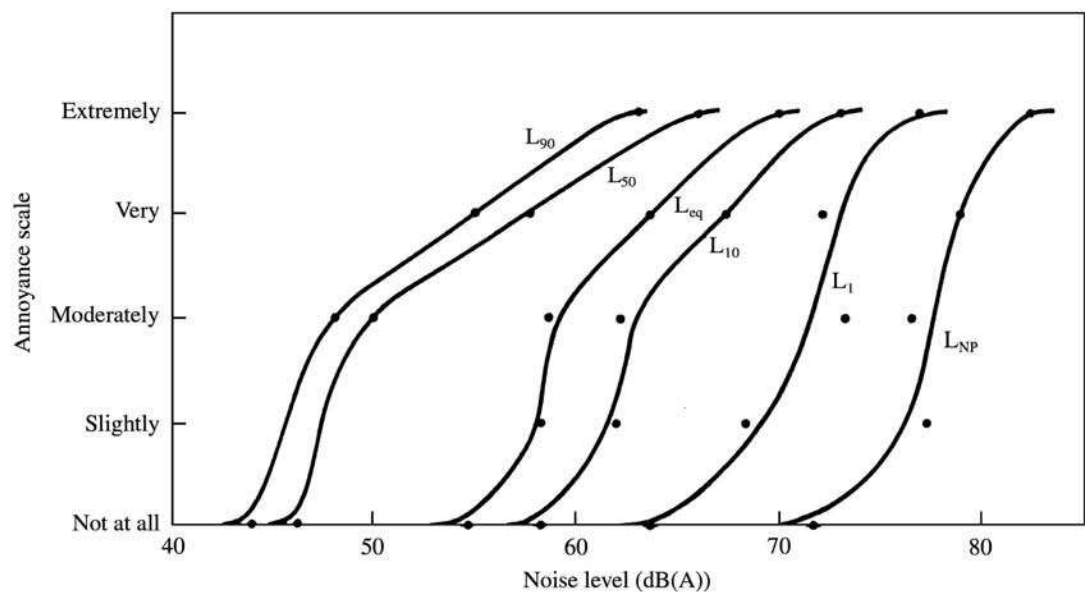


FIGURE 10. Annoyance as a function of noise level (from Crocker, 1997).

In einem weiteren Aufsatz betont **Ouis 2002**<sup>59</sup> die Notwendigkeit, bei der Aufstellung von Dosis-Wirkungsbeziehungen nichtakustische Variablen, wie bereits vorliegende Erfahrungen mit Lärm, Erwartungen an die Entwicklung der Lärmsituation usw., als Einflussfaktoren zu berücksichtigen.

**Rylander und Björkman 2002**<sup>60</sup> untersuchen die Auswirkungen des Zugangs zu einer ruhigen Fassade. Dazu führen sie Pegelmessungen und Befragungen durch. Der Anteil der Hochbelästigten

ist in Wohnungen mit Zugang zu einer ruhigen Fassade um 13,6 % (3-26 %) geringer als in Wohnungen, die nur Fenster zur Lärmquelle haben (s. auch Abbildung 50).

Abbildung 50 Einfluss des Zugangs zu einer ruhigen Fassade, Rylander und Björkman 2002

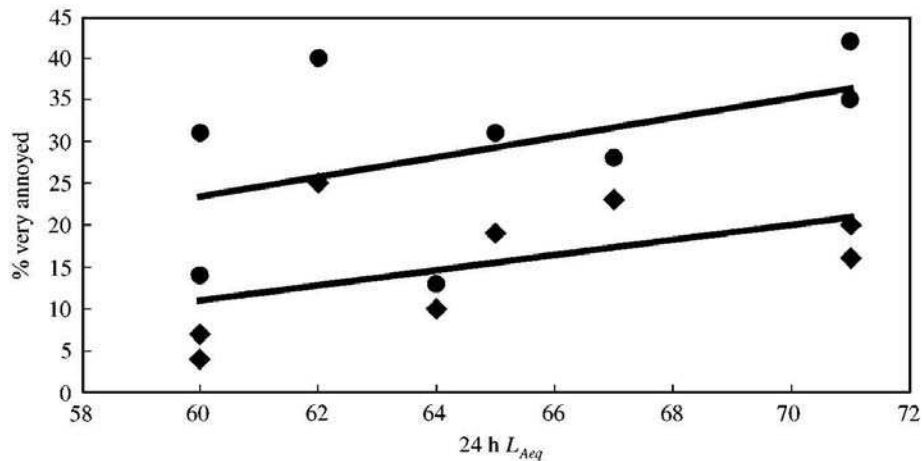
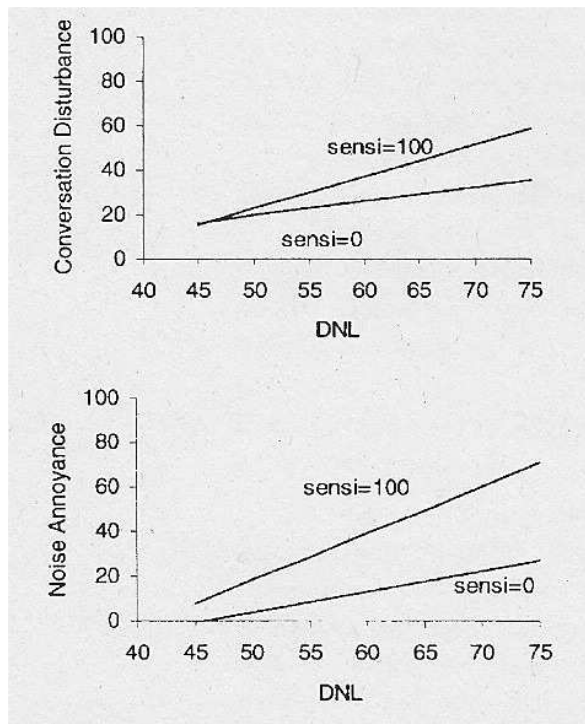


Figure 1. Difference in extent of annoyance (very annoyed) in different areas for persons with a dwelling with windows facing the street only (●) and with windows also facing the quiet side of the building (◆) in relation to  $L_{Aeq}$  24h.

In einer Analyse von bereits zur Aufstellung von Dosis-Wirkungszusammenhängen herangezogenen Studien betonen **Miedema und Vos 2003**<sup>61</sup> die Rolle der Lärmempfindlichkeit für die Belästigungsreaktion. Es wurde gefunden, dass die Lärmempfindlichkeit nicht vom Pegel abhängig ist. Sie wirkt nicht als additiver Effekt, der die Belästigungsreaktion vergrößert, sondern bewirkt eine Veränderung derselben (vgl. Abbildung 51).

Abbildung 51 Einfluss der Lärmempfindlichkeit<sup>28</sup> auf die Störung / Belästigung, Miedema und Vos 2003

Die Auswirkungen von Veränderungen der Lärmexposition („new infrastructure effect“, „Überschusseffekt“), insbesondere bei Schienenverkehrslärm, werden von **Huybregts 2003**<sup>62</sup> zusammengestellt. Es wird betont, dass die Miedema-Kurven einen „steady-state“-Zustand beschreiben, der die mit einer Veränderung der Lärmbelastung verbundenen „Überschusseffekte“ jedoch nicht beschreibt. Dieser ist i.a. auch quellspezifisch, so wurden höhere Überschussreaktionen bei Straßen- als bei Schienenverkehrslärm beobachtet. Als eine Erklärungsmöglichkeit wird u.a. schlechtes Kommunikationsmanagement zwischen Behörden und Bevölkerung aufgeführt. Die Abbildung 52 veranschaulicht den „Überschusseffekt“.

<sup>28</sup> In dem von Miedema und Vos vorgeschlagenen Modell sind Werte von 0 bis 100 für die Lärmempfindlichkeit (Sensitivität) möglich.

Abbildung 52 Überschusseffekt; Schiene, Huybregts 2003

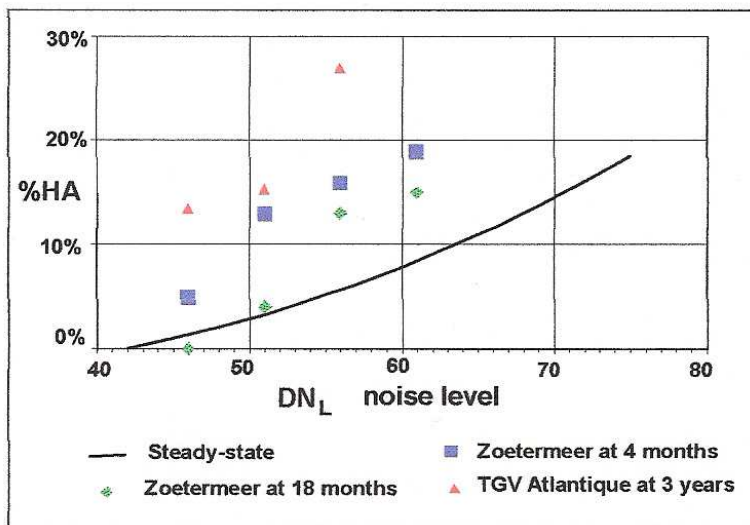


Fig.1. Results at Zoetermeer [8] and TGV Atlantique [11] compared to steady-state response [2].

Ferner wird ein „Entfernungseffekt“ für Schienenverkehrslärm aufgeführt: Bewohner in unmittelbarer Nähe der Lärmquelle fühlen sich stärker belastet als Bewohner der 2. Bebauungsreihe (bei gleichen Pegeln)<sup>29</sup>.

Im Rahmen der Lärmaktionsplanung / Lärmminderungsplanung bspw. in Norderstedt 2004<sup>63</sup> wird auf das von **Böninghausen und Popp 1988**<sup>64</sup> eingeführte Konzept der Lärmkennziffer zurückgegriffen. Dieses ist primär darauf gerichtet, im Rahmen städtebaulicher Planungen zu untersuchen, wie viel Bürger von Überschreitungen von Immissionsgrenz- oder richtwerten in welchem Umfang betroffen sind. Die Lärmkennziffer (LKZ) ergibt sich aus:

$$LKZ = N \cdot \Delta L$$

Gleichung 34

wobei N die Anzahl von Betroffenen ist, die Pegeln ausgesetzt sind, die um  $\Delta L$  über den Grenz- bzw. Richtwert liegen. Dieses Konzept spiegelt einen linearen Dosis-Wirkungszusammenhang wider.

In der Stellungnahme des Interdisziplinären Arbeitskreises für Lärmwirkungsfragen beim **Umweltbundesamt** zum Fluglärm **2004**<sup>65</sup> wird betont, dass es aus medizinisch-physiologischer Sicht unabdingbar ist, für die Bewertung nächtlicher Lärmwirkungen in erster Linie auf Maximalpegelkriterien (verbunden mit Angaben zur Häufigkeit der Schallereignisse) abzustellen; der  $L_{Aeq}$  allein (und damit der  $L_{den}$ ) ist nicht geeignet, da „das menschliche Schallverarbeitungssystem grundsätzlich nicht Mittelungspegel, sondern akut stets Maximalpegel in Erregungen umsetzt und weitgehend auch in der Wahrnehmung als einwirkenden Lärm bewertet.“

<sup>29</sup> Dieser Effekt ist ggf. mit dem Einfluss der Sichtbarkeit der Quelle zu erklären: Die Quelle erscheint lästiger, wenn sie optisch wahrgenommen werden kann.



Flug- und Straßenverkehrslärm sind ihrer Zusammensetzung nach und in ihrem zeitlichen Auftreten unterschiedlich. Auch ihre Wirkungsweisen differieren. Damit erscheint es nicht sinnvoll, eine Gesamtwirkungsbeurteilung anzugeben.

Zum Überschusseffekt wird eine Arbeit von Fidell und Salvati von 1998 aufgeführt (vgl. Abbildung 53), aus der hervorgeht, dass dieser weder konstant ist noch vom absoluten Pegel, sondern linear von der relativen Pegelzunahme (ab 1 dB) abhängt. Gegenüber dem quasi-stationären Zustand entspricht die Zunahme der Belästigung einem um ca. 6 dB höheren Pegel ( $L_{dn}$ ).

Abbildung 53 Überschusseffekt, UBA Fluglärm 2004

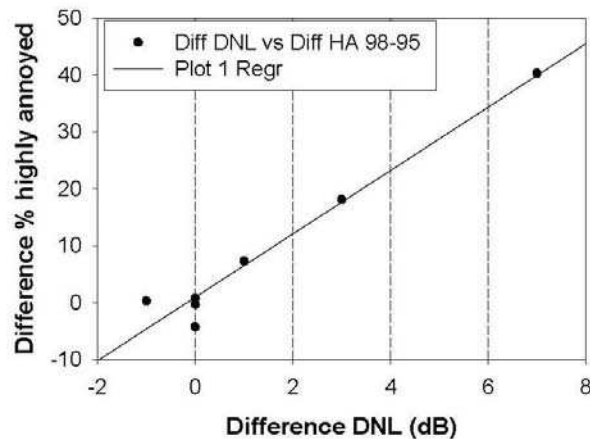


Abb. 3.2 Ausmaß der Überschuss-Reaktion in der globalen Belästigung nach Eröffnung einer neuen Startbahn am Flughafen Vancouver [nach Fidell & Silvati 1998]

Weiterhin wird angeführt, dass die Dosis-Wirkungskurven für Fluglärm einem mit der Zeit steigenden Trend unterliegen (vgl. auch Guski 2003<sup>66</sup> und 2004<sup>67</sup>): So wird z.B. der Anteil von jeweils 25 % durch Fluglärm stark gestörten / belästigten Personen nach 30 Jahren (1995) bei einem Pegel erreicht, der um ca. 8 dB geringer ist als jener von 1965 (vgl. dazu die Abbildung 54).

Abbildung 54 Zeitliche Veränderung der Belästigungsreaktion, UBA Fluglärm 2004

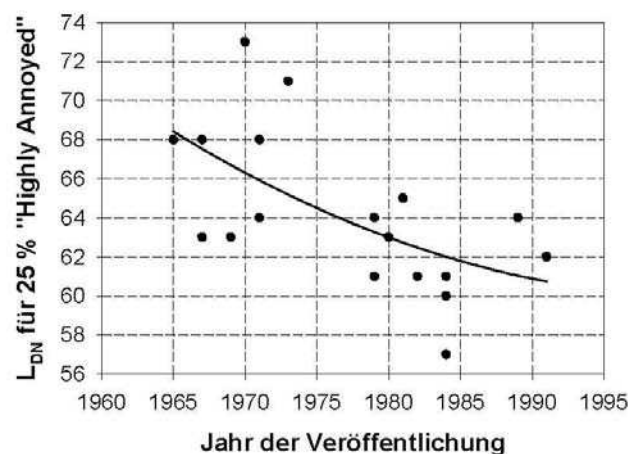


Abb. 6.2 Zeitlicher Trend des Fluglärm-Pegels ( $L_{DN}$  in dB(A)), der mit einem konstanten Anteil von 25 % stark gestörter/belästigter Personen verbunden ist. Daten nach Miedema & Vos [1998], Guski [2003, 2004]

**Michaud et al 2005**<sup>68</sup> untersuchten die Lärmbelastigung in Kanada mittels zweier Telefonumfragen (N = 2.565 und N = 2.667). Die Belastigung wurde entsprechend ISO 15666 erhoben; die Lärmexposition wurde nicht erfasst, so dass keine Dosis-Wirkungsrelationen angegeben werden können. Es zeigte sich, dass die Lärmbelastigung abhängig von Geschlecht, Alter, Einkommen und selbsteingeschätztem gesundheitlichen Zustand ist: Frauen zeigten eine stärkere Belastigungsreaktion als Männer. Während sich über 65-Jährige kaum belastigt fühlten, waren die Personen zwischen 25 und 44 am stärksten betroffen. Mittlere Einkommensschichten klagten über eine höhere Belastigung als Personen mit geringen oder hohen Einkommen. Personen, die ihren Gesundheitszustand als eher schlecht einschätzten, zeigten eine stärkere Betroffenheit.

**Probst 2006**<sup>69</sup> schlägt eine zweistufige exponentielle Lärmbewertungsfunktion (Lärmbewertungsmaß NS – Noise Score) für  $L_{den} \leq 65 \text{ dB(A)}$  bzw.  $> 65 \text{ dB(A)}$  auf der Grundlage eines Gedankenmodells vor, die, im Unterschied zu Miedema, alle Lärmbetroffenen (nicht nur % HA) berücksichtigen und bei der Planung von Lärmminderungsmaßnahmen Anwendung finden soll. Die Parameter, die in das Modell eingehen, finden keine Begründung; ein Zusammenhang zwischen Studien zu Belastigungsreaktionen wird nicht hergestellt. Es wird versucht, unterschiedliche Schalldämmungen der Wohnungen (dl) und unterschiedliche Quellen ( $dL_{Source}$ ) über Korrekturfaktoren zu berücksichtigen (vgl. Gleichung 35).

Lärmbewertungsmaß NS, Probst 2006:

$$NS = \begin{cases} \sum_i n_i \cdot 10^{0,15 \cdot (L_{den,i} - 50 - dl + dL_{Source})} & \text{mit } L_{den,i} \leq 65 \text{ dB(A)} \\ \sum_i n_i \cdot 10^{0,30 \cdot (L_{den,i} - 57,5 + dl + dL_{Source})} & \text{mit } L_{den,i} > 65 \text{ dB(A)} \end{cases} \quad \text{Gleichung 35}$$

Der Einfluss von stufenartigen Veränderungen der Lärmexposition wurde bspw. durch **Lam und Au 2008**<sup>70</sup> untersucht. Beim Neubau einer Eisenbahnstrecke parallel zu einer Hauptstraße in Hong-Kong wurden 6 Monate vor sowie 3 Monate und 1 Jahr nach Eröffnung Erhebungen zur Lärmexposition und zur Belastigung durchgeführt. Obwohl die Lärmexposition dadurch um bis zu 4 dB(A) zunahm, ging die Belastigung signifikant zurück. Dies ist vor allem auf die Rolle nichtakustischer Parameter, die das Belastigungsurteil entscheidend mitprägen, zurückzuführen.

Eine ggf. über die Zeit mögliche Veränderung der Reaktionsintensität auf Fluglärm untersucht **Brooker 2008**<sup>71</sup> und kommt zu dem Ergebnis, dass es Hinweise gibt, dass sich die Belastigung bei gleichem Pegel im Laufe der letzten 25 Jahre erhöht hat, wobei die statistische Evidenz dafür schwach ist.

Er betont andererseits auch, dass bei einer Reanalyse von Studien zum Fluglärm, insbesondere bei älteren, die vor 1980 erschienen sind, Probleme auftauchen können, die einerseits mit dem Standard der Projektdokumentation zum anderen aber mit der Präzision der Angabe zur Lärmexposition zusammenhängen (bspw. keine flächenhaften Berechnungen, genäherte Angaben

zu den Flugbahnen). Auch die Umrechnung von  $L_{Aeq}$  (24h) auf  $L_{dn}$  (bzw.  $L_{den}$ ) kann bei Nachtflugbeschränkungen problematisch sein.

**Stassen et al 2008**<sup>72</sup> berechnen mit der DALY-Methode (disability adjusted life year) die durch Verkehrslärm (Straße, Schiene, Flug) verursachten gesundheitlichen Auswirkungen für den Bereich Flandern. Grundlagen bilden dafür eine Berechnung der Lärmbelastung und die daraus mit Hilfe der Miedema-Kurven abgeleiteten Anteile highly annoyed bzw. highly sleep disturbed. Mit relativen Risikofaktoren und Gewichtungen für die Schwere der Erkrankung bzw. Beeinflussung werden DALY für Bluthochdruck, Ischämische Herzkrankheit, schwere Schlafstörung und starke Belästigung berechnet.

### 3.2 Disturbance ( $L_{den}$ )

In der psychologischen Lärmwirkungsforschung spielen die Begriffe „Störung“ und „Belästigung“ eine herausragende Rolle. Unter Störung wird dabei (vgl. Guski in: Wirkungen von Schienen- und Straßenverkehrslärm, ZEUS GmbH 2003)<sup>31</sup> die „Unterbrechung oder mindestens Behinderung einer intendierten Tätigkeit (z.B. Unterhalten, Telefonieren, Arbeiten, Schlafen)“ verstanden. Die Belästigung hingegen spiegelt das Gefühl wider, „durch Ereignisse gestört zu werden, ohne sie wirksam bewältigen zu können“. Beide Begriffe weisen eine gewisse Verwandtschaft auf und werden bspw. in Fragebögen zur Erhebung der Beeinträchtigung durch Lärm auch meist gemeinsam erfragt. So empfiehlt die ICBEN (International Commission on the Biological Effects of Noise) folgende Fragestellung: „Wenn Sie einmal an die letzten (...12 Monate...) hier bei Ihnen denken, wie stark haben Sie sich durch Lärm von (...Quelle...) insgesamt gestört oder belästigt gefühlt: Äußerst, stark, mittelmäßig, etwas oder überhaupt nicht?“ (vgl. Fields et al. 2001<sup>73</sup>). Demzufolge wird in der Literatur die Störwirkung selten separat beschrieben, wenn, werden im wesentlichen Schlaf- und Kommunikationsstörungen betrachtet.

#### 3.2.1 Feldstudien

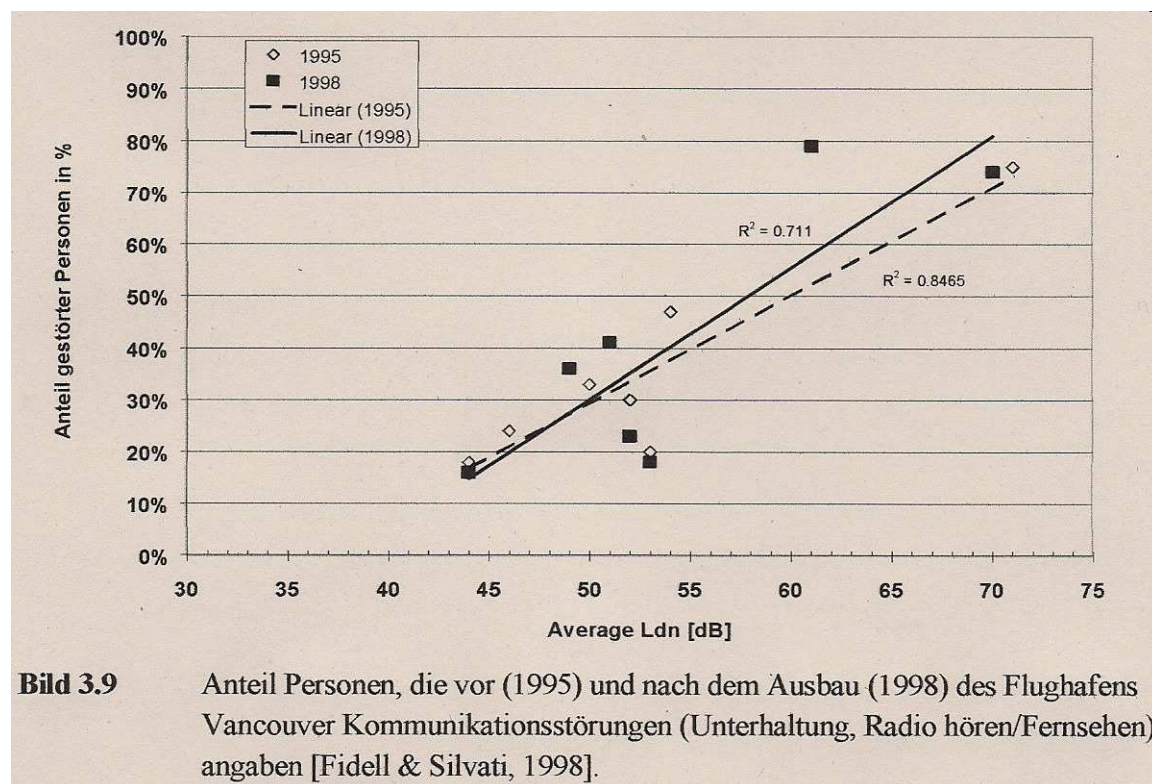
In dem lärmmedizinischen Gutachten zur Verlängerung der Start- und Landebahn des Flughafens Frankfurt-Hahn, **2003** beschreibt **Spreng**<sup>74</sup> zusammenfassend die in verschiedenen Studien durch Lärm hervorgerufenen Kommunikationsstörungen: „So geben in den USA 39 % der befragten Personen in Großstädten mit gemischten Geräuschemissionen an, sich durch die Beeinträchtigung der Sprachverständlichkeit gestört zu fühlen. Wird nur die Störung durch den Straßenverkehrslärm betrachtet, dann wird bei einem Außenmittlungspegel (6 – 22 Uhr) zwischen  $L_m = 50$  und 75 dB(A) ein Anteil wesentlich Gestörter ermittelt, welcher von 20 – 75 % der Bevölkerung reicht. Während im oberen Intensitätsbereich bei Einwirkung von Straßenverkehrslärm die allgemeine Gestörtheit und die vegetativen Auswirkungen beachtlicher sind als die Kommunikationsstörung, überwiegt diese bei Schienenverkehrslärm in diesem Intensitätsbereich {um  $L_m = 70$  dB(A)}. Im unteren Intensitätsbereich wirken Schienen- und Straßenverkehrslärm hinsichtlich der Kommunikationsstörung praktisch gleich, während Autobahnverkehrs- und Fluglärm in diesem Pegelbereich { $L_m = 55 – 60$  dB(A)} die Angaben für starke Belästigung auf das Doppelte gegenüber Schienen- und Straßenverkehrslärm ansteigen lassen.“

Unabhängig von der Lärmquelle kann man davon ausgehen, dass der Schwellenwert für eine Kommunikationsstörung wesentlich Gestörter (10 % der Befragten) bei Außenpegeln von etwa 50 – 55 dB(A) liegt.

Neuere Studien zeigen insbesondere die stärkere Störwirkung von Schienenverkehrslärm; so sind hier beispielsweise bei einem  $L_{Aeq,24h}$  30 bis 40 % wesentlich Gestörte mehr zu verzeichnen als bei Straßenverkehrslärm.

Beim Ausbau des Flughafens Vancouver wurden Untersuchungen zu Kommunikationsstörungen vor und nach dem Ausbau gemacht. Es ergab sich eine geringfügig erhöhte Störwirkung nach dem Ausbau, auf insgesamt hohem Niveau: So betrug der Anteil Gestörter bei 45 dB(A) ( $L_{dn}$ ) ca. 15 %, bei 65 dB(A) lag er über 60 % (s. Abbildung 55).

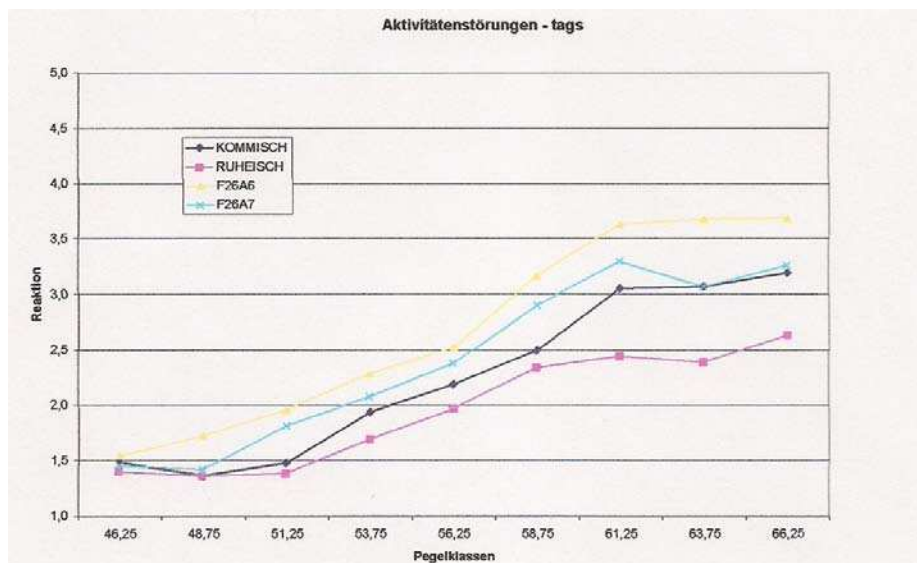
Abbildung 55 Kommunikationsstörungen Fluglärm Vancouver, Spreng 2003



Als oberer kritischer Toleranzwert für eine noch akzeptable Kommunikation im Außenbereich wird ein Wert (Störpegel) von 62 dB(A) angegeben. Er bezieht sich auf eine Kommunikation über eine mittlere Entfernung (> 0,5 m, < 4 m), für den Innenraumbereich liegt dieser Wert bei 45 dB(A) (entspricht etwa der Berücksichtigung der Wirkung gekippter Fenster).

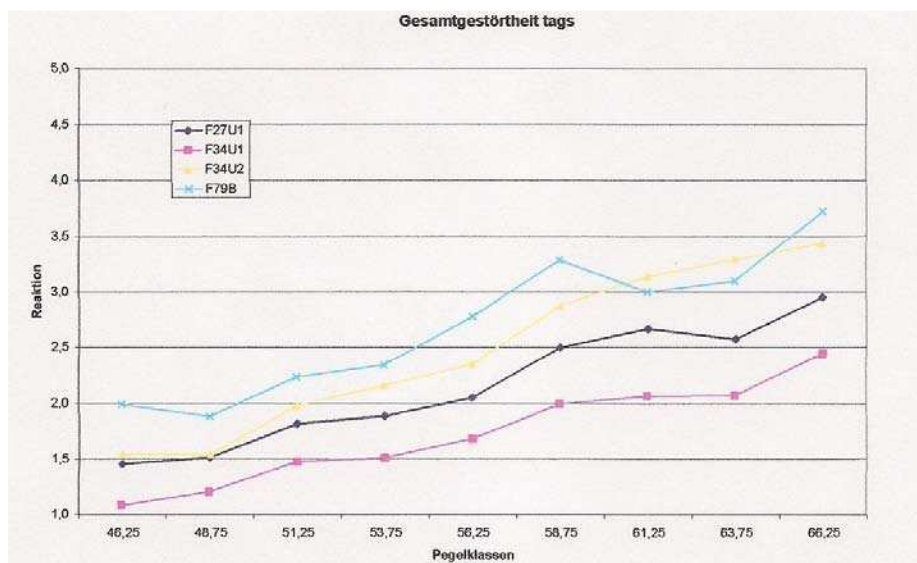
In der **ZEUS-Studie 2003**<sup>31</sup> zu Wirkungen von Schienen- und Straßenverkehrslärm werden Angaben zur Gestörtheit durch Schienenverkehrslärm aus einer zusammenfassenden Arbeit von Griefahn et al. 1999<sup>37</sup> gemacht. Angegeben ist die Reaktion (Grad der Gestörtheit) auf einer Skala von 1 bis 5; die nachfolgenden Abbildungen 56 bis 59 geben die Gestörtheit für verschiedene Tageszeiten und Tätigkeiten wieder.

Abbildung 56 Aktivitätsstörung tags, Schiene, ZEUS 2003

Abbildung 2.3-1: Aktivitätenstörungen am Tage pro Pegelklasse ( $L_{m, tags}$  à 2,5 dB(A)).

KOMMISCH: Störung der Kommunikation im Innenraum; RUHEISCH: Störung der Ruhe und Erholung im Innenraum; F26a6: Störung von Unterhaltungen draußen; F26a7: Störung der Erholung draußen. (Daten aus Griefahn et al 1999)

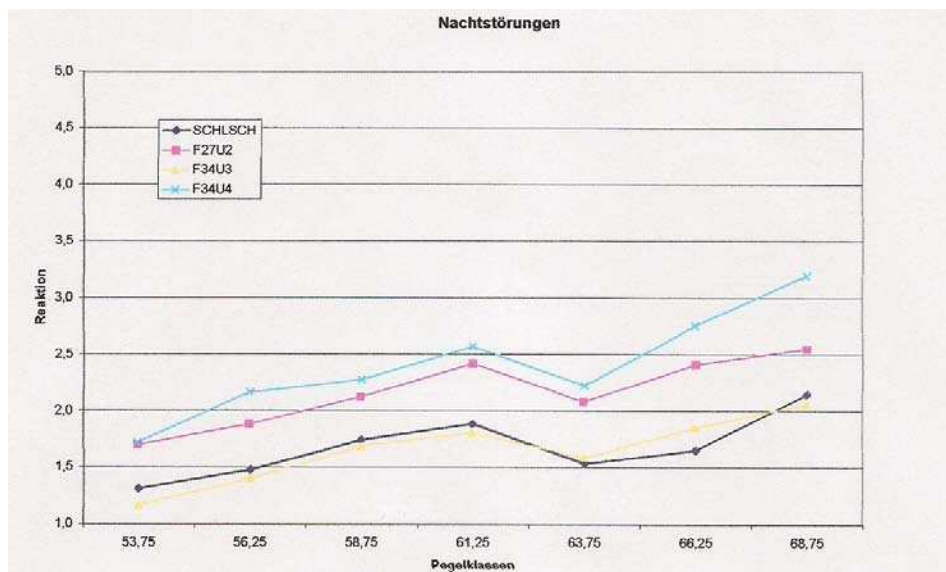
Abbildung 57 Gesamtgestörtheit tags, Schiene, ZEUS 2003

Abbildung 2.3-2: Gesamtgestörtheit tags pro Pegelklasse ( $L_{m, tags}$  à 2,5 dB(A)).

F27u1: Gesamtgestörtheit tags; F34u1: Gesamtgestörtheit tags im Innenraum bei geschlossenen Fenstern; F34u2: Gesamtgestörtheit tags im Innenraum bei gekippten Fenstern; F79b: Gesamtgestörtheit tags draußen. (Daten aus Griefahn et al 1999)

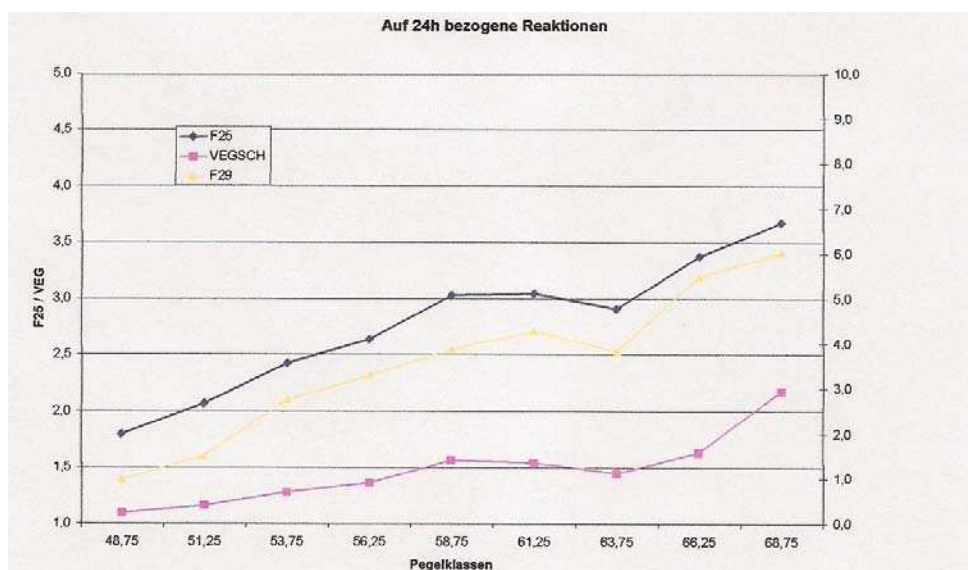


Abbildung 58 Nachtstörung Schiene, ZEUS 2003

Abbildung 2.3-3: Nachtstörungen pro Pegelklasse ( $L_{m,nachts}$  à 2,5 dB(A)).

SCHLSCH: erfragte Schlafstörungen; F27u2: Gesamtgestörtheit nachts; F34u3: Gesamtgestörtheit nachts bei geschlossenen Fenstern; F34u4: Gesamtgestörtheit nachts bei gekippten Fenstern. (Daten aus Griefahn et al 1999)

Abbildung 59 Störwirkung Schiene, 24 h, ZEUS 2004

Abbildung 2.3-4: Auf 24 h bezogenen Reaktionen pro Pegelklasse ( $L_{m,24h}$  à 2,5 dB(A)).

VEGSCH: vegetative Störungen; F25: Gesamtbelästigung; F29: Gesamtgestörtheit tags und nachts (Skala rechts von 0 bis 10). (Daten aus Griefahn et al 1999)

Die auf den Außenraum bezogene Gesamtgestörtheit weist einen ähnlichen Verlauf wie die Gesamtgestörtheit auf, was darauf hindeutet, dass sich die Gesamtbelästigung eher an Erfahrungen im Außen- als im Innenbereich orientiert. Für die Belästigung spielt ferner die Lärmempfindlichkeit der Befragten eine Rolle: So liegt das Belästigungsmaß lärmempfindlicher Personen um 0,3 bis 0,8 höher als das lärmunempfindlicher.

Auch für Straßenverkehrslärm werden Angaben zur Störungswirkung, die im Wesentlichen auf Griefahn et al. 1999<sup>37</sup> zurückgehen, gemacht. Die Abbildung 60 zeigt die Störwirkungen tags.

Abbildung 60 Störwirkung tags, Straße, ZEUS 2003

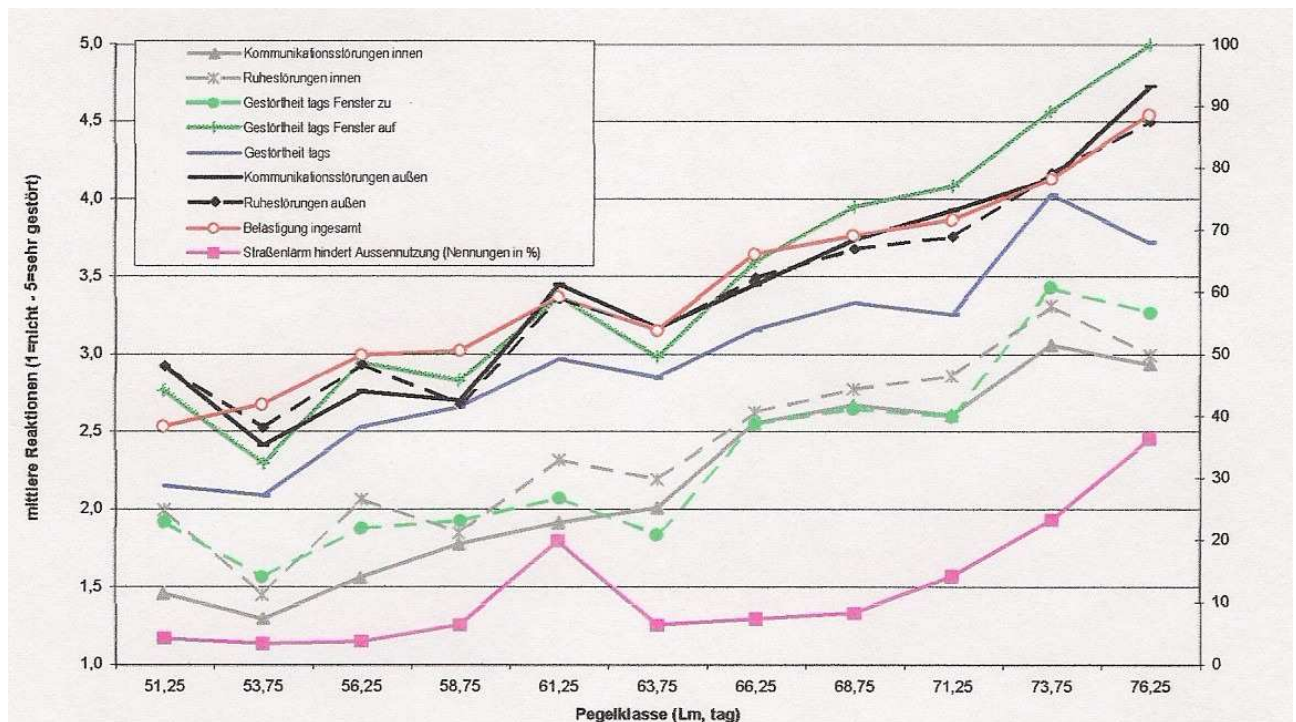


Abbildung 3.4-1: Aktivitätenstörungen innen und außen durch Straßenverkehrslärm, Gestörtheit tags insgesamt bzw. bei offenem vs. geschlossenem Fenster, Häufigkeit der Nennung von Straßenlärm als Hindernis für Außennutzung (Datenquelle: Griefahn et al 1999)

Auch hier zeigt sich, dass die Belästigung eher mit der Ruhestörung außen assoziiert wird. Die angegebenen Kurven sind nicht geglättet; ein linearer Fit erscheint möglich.

Die Störwirkung nächtlichen Straßenverkehrslärms ist in der Abbildung 61 dargestellt. Hierbei wird deutlich, dass die Störwirkung wesentlich durch die Stellung der Fenster beeinflusst wird; die Belästigung liegt deutlich über der Schlafstörung, die eher mit der Gestörtheit in Verbindung gebracht werden kann.

Abbildung 61 Störwirkung nachts, Straße, ZEUS 2004

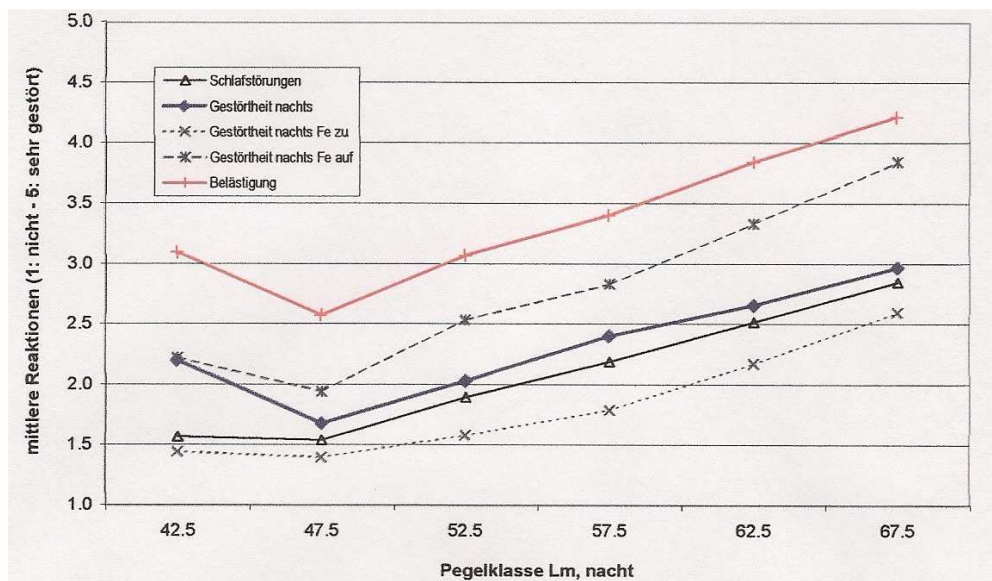


Abbildung 3.4-2: Schlafstörungen, Gestörtheit nachts und Belästigung insgesamt durch Straßenverkehrslärm (Datenquelle: Griefahn et al 1999)

Insgesamt fallen in der Arbeit von Griefahn et al. 1999<sup>37</sup> die Reaktionen auf Straßenverkehrslärm stärker aus als auf Schienenverkehrslärm. In anderen in ZEUS<sup>31</sup> erwähnten Studien wird allerdings eine höhere Lästigkeitswirkung von Schienenverkehrslärm gefunden.

In der Stellungnahme des Interdisziplinären Arbeitskreises für Lärmwirkungsfragen beim **Umweltbundesamt** zum Fluglärm **2004**<sup>65</sup> wird ergänzend zu Spreng<sup>74</sup> festgestellt, dass eine Auswertung von in verschiedenen Ländern zwischen 1980 und 1998 durchgeführten Studien ergibt, dass bei einem Pegel tags ( $L_{Aeq,16h}$ ) von ca. 60 dB(A) etwa 30 % der Betroffenen stark gestört bzw. 50 % gestört sind. Dem entsprechen Maximalpegel  $L_{Amax}$  von 75 dB(A) und mehr.

Ferner wird die Störwirkung bei Erholung betrachtet: In einer Studie von **Gjestland et al. 1990**<sup>75</sup> wurde für die Umgebung des Osloer Flughafens festgestellt, dass im Bereich von 38 – 50 dB(A) der Anteil der in ihrer Erholung gestörter Personen unter 10 % lag. Bei Pegeln zwischen 50 und 57 dB(A) betrug der Anteil zwischen 10 % und 15 % und stieg ab 58 dB(A) überproportional auf 42 % bei 67 dB(A) an.

### 3.2.2 Laborstudien

In einer zusammenfassenden Darstellung der gesundheitlichen Auswirkungen von Lärm betonen **Lee und Fleming 2002**<sup>4</sup> die Bedeutung der Unkontrollierbarkeit und nicht die Intensität des Lärms, die für die Störwirkung ausschlaggebend ist.

Im Rahmen des Projekts „silence“ untersuchten **Griefahn et al. 2007**<sup>76</sup> u.a. die belästigenden Auswirkungen von Straßenverkehrslärm mit unterschiedlichen Anteilen des Schwerverkehrs und unterschiedlicher Stetigkeit (frei fließend und „geclustert“) auf die Bearbeitung unterschiedlich



schwerer Aufgaben. Obwohl eine Belästigung angegeben ist, dürfte es sich um eine Störwirkung handeln (ICBEN-Skala zugrundeliegend). Es konnte gezeigt werden, dass die Störwirkung mit der Schwere der zu bewältigenden Aufgaben zunimmt.

In einer Studie mit 24 Teilnehmern konnte **Zimmer et al. 2008**<sup>77</sup> zeigen, dass das Ausmaß der Störung einer Tätigkeit unter Geräuscheinwirkung (Art und Einwirkungsdauer des Geräusches, Art der Tätigkeit) die Belästigungswirkung bestimmt.

## 4 Schlafstörungen nach 2000

### 4.1 Feldstudien

In der o.a. Studie des UBA kommen **Ortscheid und Wende 2000**<sup>35</sup> zu dem Ergebnis, dass

- bei einem  $L_{Aeq} > 36$  dB(A) innen mit nächtlichem lärmbedingten Aufwachen zu rechnen ist,
- bei Spitzenpegeln ( $L_{Amax}$ ) unter 40 bis 45 dB(A) innen nur im geringen Maße mit Schlafstörungen zu rechnen ist,
- Spitzenpegel ( $L_{Amax}$ )  $> 50$  dB(A) innen zu Veränderungen des Schlafablaufs bzw. zum Aufwachen führen.

**Mohler et al. 2000**<sup>78</sup> fassen die Ergebnisse einer Feldstudie, die zwischen 1994 und 1998 mit ca. 1.600 Personen durchgeführt wurde, zusammen. Die Lärmbelastung für die Zeitbereiche Tag (06 – 22 Uhr) und Nacht (22 – 06 Uhr) wurde berechnet, zusätzlich wurde sie für die etwa 400 Personen, bei denen physiologische Schlafparameter erhoben wurden, durch umfangreiche Außen- und Innenpegelmessungen ermittelt. In einem Fragebogen wurde die Belästigung tags, nachts und insgesamt, auftretende Schlafstörungen sowie ein Vergleich der Lästigkeit zwischen Schienen- und Straßenverkehrslärm angestellt.

Es zeigte sich eine hohe Korrelation<sup>30</sup> zwischen den im Fragebogen angegebenen Störungen infolge des Straßen- bzw. Schienenverkehrslärms und den Pegeln. Die durch Messungen physiologischer Parameter (bspw. durch aktimetrische) zutage tretenden Störungen zeigten jedoch keine Korrelation mit dem Pegel. Dies ist möglicherweise auf die, im Vergleich zu anderen Studien, die die Wirkungen von Fluglärm untersuchen, insgesamt niedrigeren Pegel zurückzuführen.

Eine erhöhte Lästigkeitswirkung von Straßen- gegenüber Schienenverkehrslärm konnte nachgewiesen werden. Dies zeigt bspw. die Abbildung 62 für Schlafstörungen.

---

<sup>30</sup> Diese ist allerdings für den Nachtzeitraum schwächer ausgeprägt.

Abbildung 62 Schlafstörungen, Straße und Schiene, Moehler et al. 2000

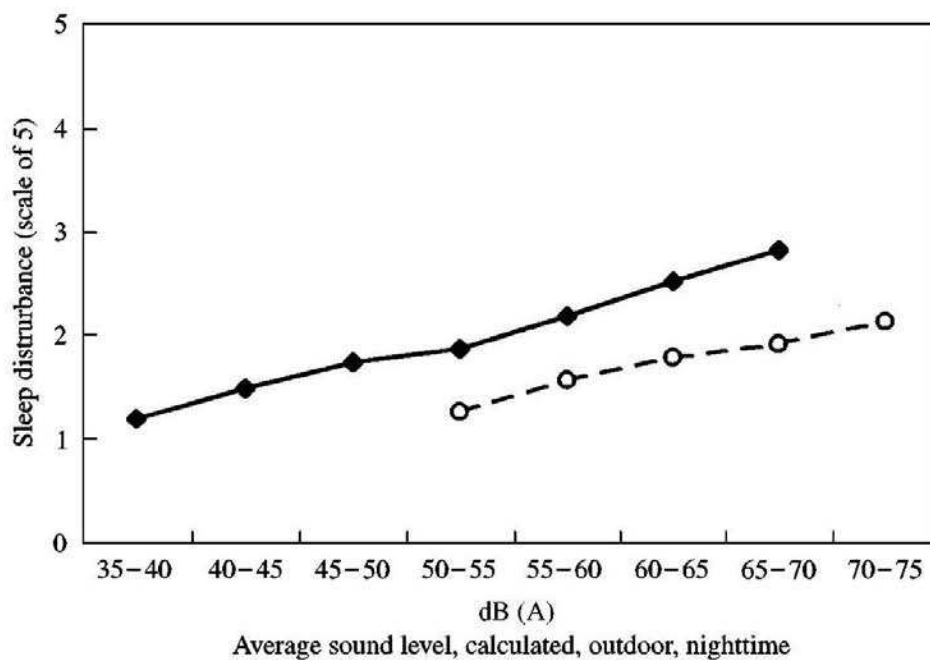


Figure 5. Source-specific sleep disturbance determined by interview, depending on the sound level: ◆—, sleep disturbance from road; --○--, sleep disturbance from rail.

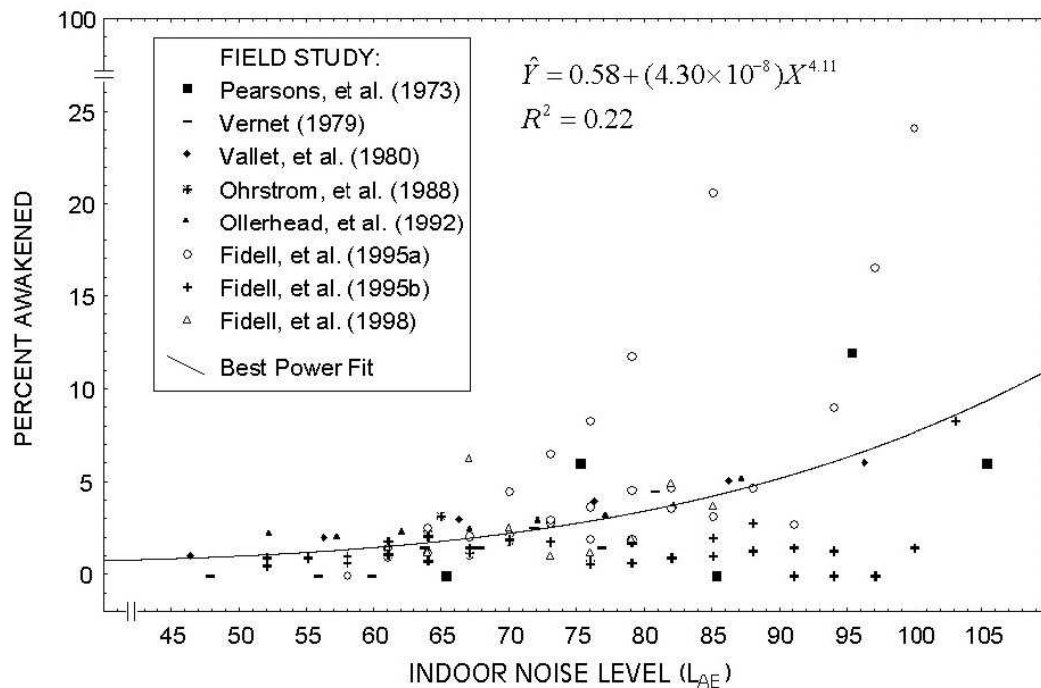
Weitere Ergebnisse, die auf die o.a. Studie zurückgehen, werden durch **Griefahn et al. 2000**<sup>79</sup> vorgestellt: Die meisten Daten (aktimetrische Messungen, subjektive Bewertung der qualitativen und quantitativen Schlafparameter, qualitative und quantitative Tests der Leistungsfähigkeit) die während der Schlafbeobachtung erhoben wurden, zeigen keinen Bezug zum Pegel. Nur das Fensteröffnungsverhalten zeigte eine Pegelabhängigkeit: Die Fenster wurden bei Straßenverkehrslärm auch bei geringeren Pegeln geschlossen gehalten als bei Schienenverkehrslärm. Es wurden allerdings Unterschiede bei den Schlafstörungen zwischen Schienen- und Straßenverkehrslärm von ~ 14dB gefunden, da diese jedoch nicht pegelabhängig sind (gleiche Werte bei 50 und 70 dB) kann daraus keine Aussage über die größere Störwirkung des Straßen- gegenüber dem Schienenverkehrslärm abgeleitet werden.

**Finegold und Bartholomew 2001**<sup>80</sup> leiten aus einer Meta-Analyse verschiedener Studien einen linearen Zusammenhang zwischen Aufwachwahrscheinlichkeit und Einzel-Ereignis-Pegel innen ( $L_{AE}$ ) für Fluglärm her (s. Abbildung 63):

$$\% \text{Aufwach} = 0,58 + (4,30 \cdot 10^{-8}) \cdot L_{AE}^{4,11}$$

Gleichung 36

Abbildung 63 Aufwachreaktionen, Finegold and Bartolomew 2001



**De Kluizenaar et al. 2001**<sup>81</sup> geben in einer zusammenfassenden Analyse zu den Lärmwirkungen auf die Gesundheit vorläufige lineare Zusammenhänge für den Anteil stark Schlafgestörter (%HS) in Abhängigkeit von der Lärmquelle an. Die Exposition wird durch den  $L_{Aeq}$  nachts an der am stärksten betroffenen Fassade beschrieben:

- Straßenverkehrslärm:  $\%HS = (0,62 \cdot L_{Aeq, 23-07h} - 43,2)$  Gleichung 37
- Schienenverkehrslärm:  $\%HS = (0,32 \cdot L_{Aeq, 23-07h} - 40,0)$  Gleichung 38
- Fluglärm:  $\%HS = (0,48 \cdot L_{Aeq, 23-07h} - 32,6)$  Gleichung 39

In der o.a. Arbeit von **Hoeger et al. 2002**<sup>36</sup> werden auch Ergebnisse zu Schlafstörungen vorgestellt. Diese sind bei Straßenverkehrslärm deutlicher ausgeprägt als bei Schienenverkehrslärm (s. Abbildung 64). Hierfür werden linearere Zusammenhänge angegeben.

Abbildung 64 Schlafstörungen, Straße und Schiene, Hoeger et al. 2002

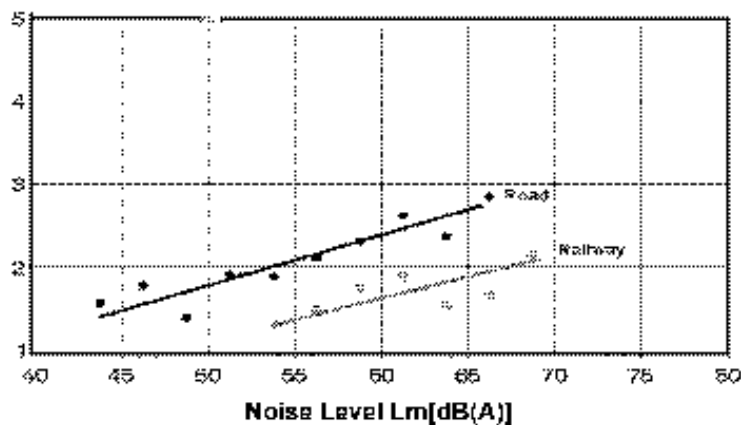
**Sleeping Disturbances**

Figure 4 Self-reported sleeping disturbances for road and railway traffic noise (from Griefahn et al. 1999)

In der o.a. Stellungnahme des Interdisziplinären Arbeitskreises für Lärmwirkungsfragen beim **Umweltbundesamt** zum Fluglärm **2004**<sup>31</sup> finden sich auch Aussagen zu lärminduzierten Schlafstörungen. So liegt die Schwelle für eine Verkürzung der Gesamt- und Tiefschlafdauer sowie für Arousalreaktionen durch Verkehrslärm bei einem Maximalpegel von etwa 45 dB(A) (50 Ereignisse). Die Dauer des REM-Schlafs wird bei Maximalpegeln von 55 dB(A) (50 Ereignisse) verkürzt<sup>31</sup>. Der Zusammenhang zwischen der Aufwachreaktion und Exposition ist in der Abbildung 65 dargestellt (Zwischenergebnisse einer umfangreichen laborexperimentellen Untersuchungen von Basner et al. 2001<sup>82</sup> sowie Ergebnisse von Metaanalysen von Griefahn 1990<sup>83</sup> und Maschke et al. 2001<sup>84</sup>).

Abbildung 65 Aufwachwahrscheinlichkeiten, Flug, UBA 2004

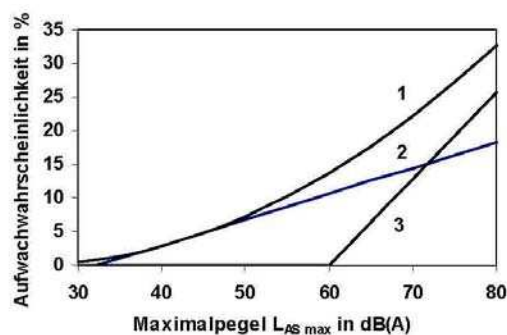


Abb.8.2 Lärminduzierte Aufwachwahrscheinlichkeit im Labor in Abhängigkeit vom Maximalpegel eines Überflugeräusches nach der logistischen Regressionsanalyse der Ergebnisse von Basner et al. [2001] (1), nach Metaanalysen von Maschke et al. [2001] (2) und Griefahn [1990] (3)

<sup>31</sup> In Feldversuchen ergeben sich im Vergleich zu Laborversuchen i.a. flachere Dosis-Wirkungszusammenhänge.

In einer zusammenfassenden Betrachtung zu den gesundheitlichen Auswirkungen der Lärmbelastung stellen **Ising und Kruppa 2004**<sup>32</sup> fest, dass als Folge von Lärmbelastung endokrine Reaktionen, wie eine Erhöhung der Adrenalin- und Noradrenalinausschüttung sowie eine erhöhte Konzentration von Cortisol auftreten. Dieser Effekt konnte auch bei Kindern nachgewiesen werden und trat bspw. bei Fluglärm schon bei 16 nächtlichen Überflügen mit  $L_{\max} = 55 \text{ dB(A)}$  ( $L_{\text{Aeq}} = 30 \text{ dB(A)}$ ) auf.

**Bluhm et al. 2004**<sup>41</sup> untersuchten an 760 Teilnehmern in Stockholm die Belästigungswirkungen von Straßenverkehrslärm. Über eine häufige Belästigung klagten 13 % der Befragten bei Pegeln ( $L_{\text{Aeq}}$ ) über 50 dB(A); öfters oder häufig unter Schlafstörungen litten 23 % der Befragten bei Pegeln ( $L_{\text{Aeq}}$ ) über 50 dB(A).

In einer Studie in Göteborg, die die Auswirkungen des Lärms auf die Schlafqualität untersucht, konnte **Öhrström 2004**<sup>85</sup> zeigen, dass negative Auswirkungen auf die Schlafqualität (Einschlafstörungen, Aufwachreaktionen) bei Außenpegeln nachts von mehr als 60 dB(A) auftreten. Die Schlafqualität konnte durch eine mit der Eintunnelung der Straße einhergehende Lärmreduktion deutlich verbessert werden.

**Miedema und Vos 2007**<sup>86</sup> haben eine Analyse der Daten von 24 Studien zu lärminduzierten Schlafstörungen<sup>32</sup> durchgeführt. Die Studien umfassen Schienen-, Straßen- und Flugverkehr (5 zum Schienenverkehrslärm für den Zeitraum von 1982 bis 2001, 15 zum Straßenverkehrslärm für den Zeitraum von 1977 bis 2004 und 8 zum Fluglärm für den Zeitraum von 1971 bis 2004)<sup>33</sup>. Es wurden etwa 24.000 Personen befragt; die Nachtpegel lagen zwischen 45 und 65 dB(A).

Die Vorgehensweise der Datenanalyse orientiert sich an der Arbeit von Miedema und Oudshoorn<sup>18</sup>. Die Größe zur Kennzeichnung der Beeinträchtigung des Schlafes ist die selbstberichtete Schlafstörung, die durch die Kategorien „percentage highly sleep disturbed“ (Prozentsatz stark Schlafgestörter), „percentage sleep disturbed“ (Prozentsatz Schlafgestörter) bzw. „percentage little sleep disturbed“ (Prozentsatz schwach Schlafgestörter) für jede Lärmart angegeben werden kann. Auf einer Skala von 0 bis 100 sind die Cut-Off-Punkte dafür 72, 50 bzw. 28, ohne dass dafür eine Erklärung angeführt werden kann<sup>34</sup>. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Kurven für Schienen-, Straßen- und Flugverkehr. Eine Beschreibung der Kurven durch approximierende Gleichungen ist in der Arbeit nicht gegeben; die Kurven stimmen in der Größenordnung mit denen des EU-Position-Papers<sup>24</sup> überein. Es wird betont, dass die Abweichungen von der Linearität für die angegebenen Dosis-Wirkungskurven gering sind.

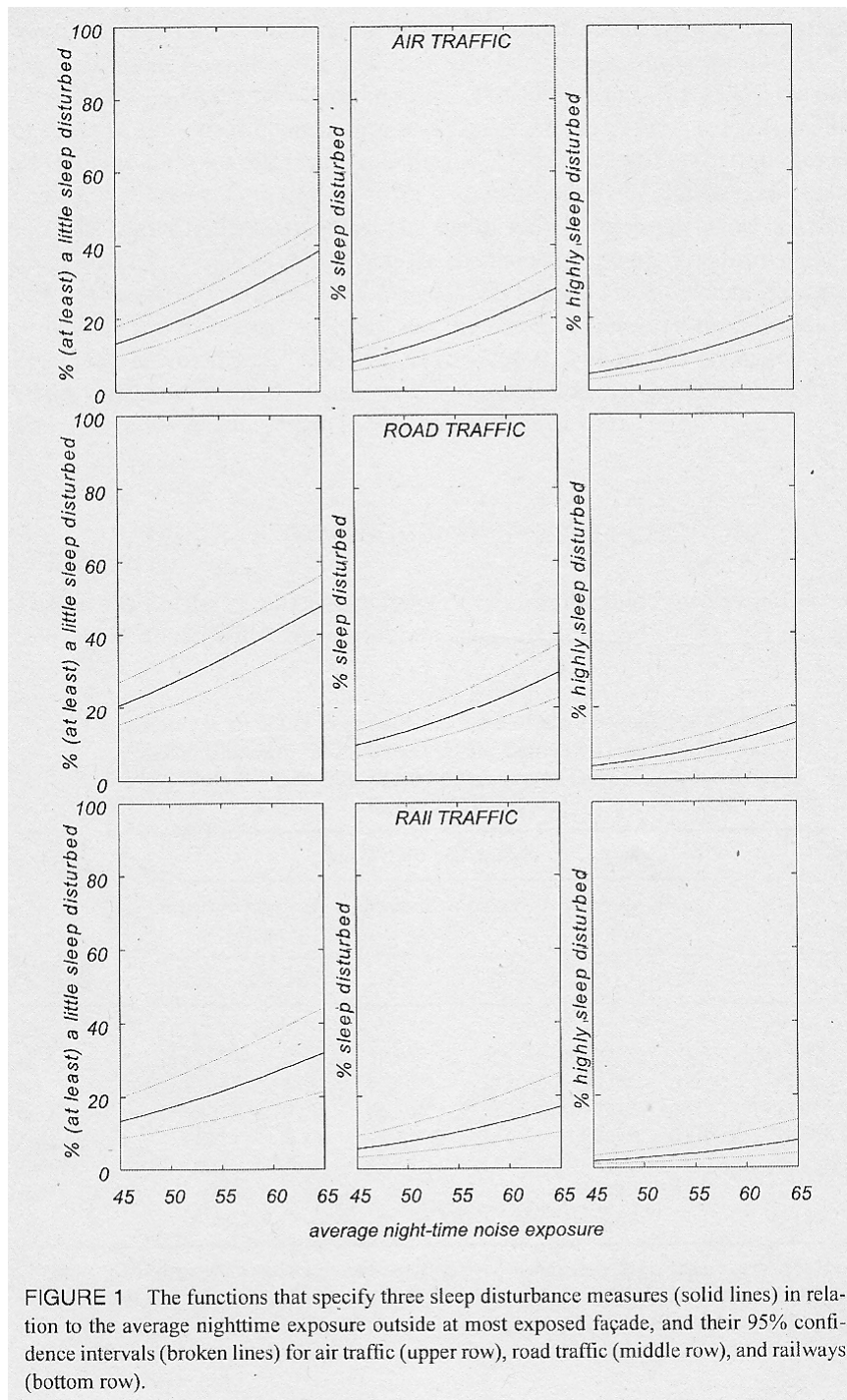
---

<sup>32</sup> Für die Auswertung wurden nur Fragen zu selbstberichteten Aufwachreaktionen, aber nicht zu Einschlafstörungen herangezogen.

<sup>33</sup> In vier Studien wurden zwei Lärmquellen berücksichtigt.

<sup>34</sup> „Unfortunately, we do not know of a clear argument for a particular choice of cut-off.“

Abbildung 66 Dosis-Wirkungskurven für Schlafstörungen, Miedema 2007



Es wird eine Abhängigkeit der Dosis-Wirkungskurven aufgezeigt: Die stärksten lärminduzierten Schlafstörungen treten bei Personen im Alter von ca. 51 Jahren auf; Personen im Alter von 18 bzw. 80 Jahren sind etwa gleich gestört.

In den Night **Noise Guidelines (NNGL) der WHO 2007**<sup>87</sup>, einem umfangreichen Bericht, der den Wissenstand bezüglich lärminduzierter Gesundheitsbeeinträchtigungen<sup>35</sup> in einer ausführlichen Darstellung zusammenfasst, um daraus Schutzziele abzuleiten und Dosis-Wirkungsbeziehungen anzugeben, werden die in den Tabellen 4 (ausreichende Evidenz) und 5 (begrenzte Evidenz) zusammengestellten Schwellenwerte für gesundheitliche Beeinträchtigung durch nächtlichen Lärm angegeben.

Tabelle 4      Schwellenwerte für Gesundheitsbeeinträchtigung durch nächtlichen Lärm (ausreichende Evidenz), WHO 2007

Table 1. Summary of effects and threshold levels for effects where **sufficient** evidence is available<sup>1</sup>

	Effect	Indicator	Threshold, dB
Biological effects	Change in cardiovascular activity	*	*
	EEG awakening	$L_{Amax,inside}$	35
	Motility, onset of motility	$L_{Amax,inside}$	32
	Changes in duration of various stages of sleep, in sleep structure and fragmentation of sleep	$L_{Amax,inside}$	35
Sleep quality	Waking up in the night and/or too early in the morning	$L_{Amax,inside}$	42
	Prolongation of the sleep inception period, difficulty getting to sleep	*	*
	Sleep fragmentation, reduced sleeping time	*	*
	Increased average motility when sleeping	$L_{night,outside}$	42
Well-being	Self-reported sleep disturbance	$L_{night,outside}$	42
	Use of somnifacient drugs and sedatives	$L_{night,outside}$	40
Medical conditions	Environmental insomnia <sup>1</sup>	$L_{night,outside}$	42

\* Although the effect has been shown to occur or a plausible biological pathway could be constructed, indicators or threshold levels could not be determined.

<sup>1</sup> Please note that “environmental insomnia” is the result of diagnosis by a medical professional whilst “self-reported sleep disturbance” is essentially the same, but reported in the context of a social survey. Number of questions and exact wording may differ.

<sup>35</sup> Auf Studien, die Aussagen zu den Risiken für Bluthochdruck und Ischämische Herzkrankheit treffen, wird unter 5. eingegangen; die in den NNGL dazu getroffenen umfangreichen Aussagen werden deshalb hier nicht dargestellt.

Tabelle 5      Schwellenwerte für Gesundheitsbeeinträchtigung durch nächtlichen Lärm (begrenzte Evidenz), WHO 2007

Table 2. Summary of effects and threshold levels for effects where limited evidence is available<sup>1</sup>

	Effect	Indicator	Estimated threshold, dB
Biological effects	Changes in (stress) hormone levels	*	*
Well-being	Drowsiness/tiredness during the day and evening	*	*
	Increased daytime irritability	*	*
	Impaired social contacts	*	*
	Complaints	$L_{night,outside}$	35
	Impaired cognitive performance	*	*
Medical conditions	Insomnia	*	*
	Hypertension	$L_{night,outside}$ (probably depending on daytime exposure as well)	50
	Obesity	*	*
	Depression (in women)	*	*
	Myocardial infarction	$L_{night,outside}$ (probably depending on daytime exposure as well)	50
	Reduction in life expectancy (premature mortality)	*	*
	Psychic disorders	$L_{night,outside}$	60
	(Occupational) accidents	*	*

\* Although the effect has been shown to occur or a plausible biological pathway could be constructed, indicators or threshold levels could not be determined.

<sup>1</sup> Please note that as the evidence for the effects in this table is limited, the threshold levels also have a limited weight. In general they are based on expert judgement of the evidence.

Bereits ab ca. 40 dB(A) außen sind hiernach Lärmauswirkungen zu erwarten (Einnahme von Schlafmitteln).

Verschiedene Reaktionen auf nächtlichen Straßenverkehrs- bzw. Fluglärm (vgl. die Abbildungen 67 und 68) zeigen eine Zunahme mit steigendem Pegel, für einige Reaktionen (Aufwachreaktionen,



Infarktrisiko) scheinen die Daten auf die Existenz von Schwellenwerten hinzudeuten. Andererseits zeigt sich aber auch ein nichtverschwindender Anteil stark Schlafgestörter, obwohl der Quellenpegel sicher unter dem Umgebungsgeräusch liegt. Das steht in Übereinstimmung mit den Feststellungen von Wirth<sup>43</sup>.

Abbildung 67 Reaktionen auf nächtlichen Straßenverkehrslärm, WHO 2007

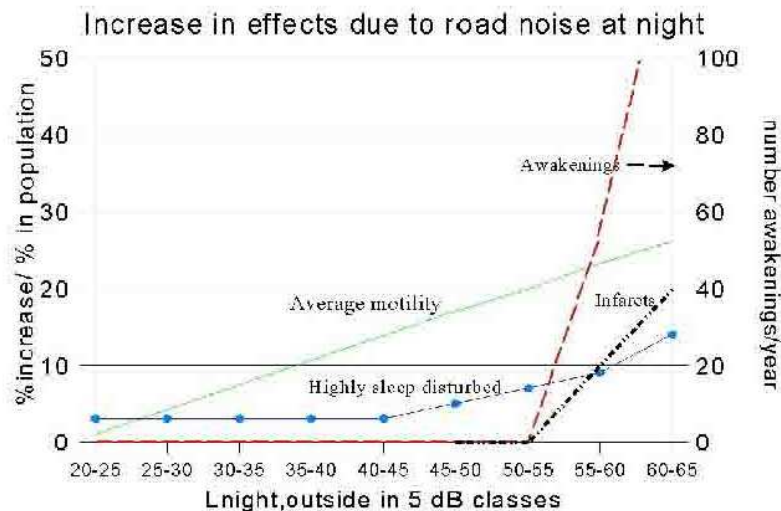


Figure 24. Relation of effects with  $L_{\text{night}}$  for an urban road

Abbildung 68 Reaktionen auf nächtlichen Fluglärm, WHO 2007

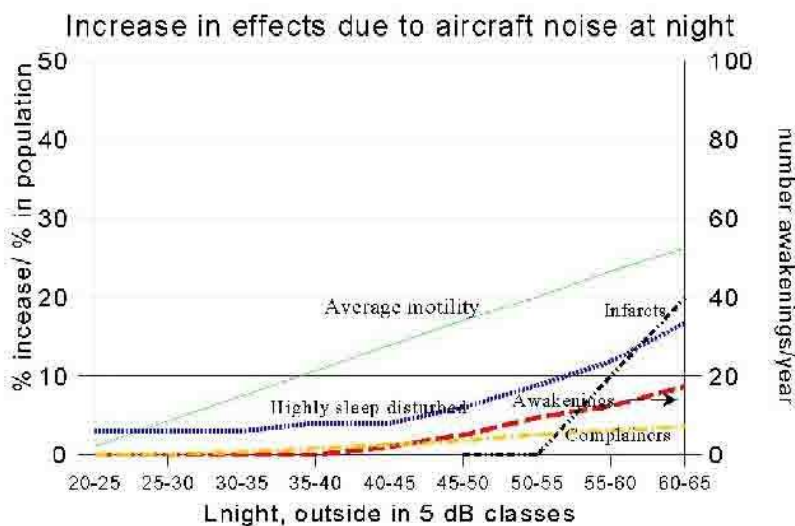


Figure 25. Relation of effects with  $L_{\text{night}}$  for a typical airport situation.

Um den Zusammenhang zwischen der Exposition durch Schienenverkehrslärm und selbstberichteter Schlafstörung zu untersuchen, führten **Aasvang et al. 2008**<sup>88</sup> im Herbst 2000 in und um Oslo (Norwegen) eine Studie mit 1.349 Teilnehmern durch. Diese beantworteten einen

Fragebogen zu Schlafqualität, Schlafstörungen, lärminduzierten Schlafproblemen, Lärmbelästigung, Eigenschaften der Wohnung (Fenster, Art der Fassade) und persönlichen Charakteristika. Die den Schlaf betreffenden Fragen wurden dem Basic Nordic Sleep Questionnaire entnommen und bezogen sich auf den Zeitraum der zurückliegenden drei Monate. Die Lärmexposition ( $L_{p,A,eq,night}$  und  $L_{p,A,max}$ ) wurde für die am stärksten belastete Fassade sowie die Schlafzimmerfassade berechnet. Daraus wurde mit den erfragten Angaben zu Fassade und Fenstern die Dämmung abgeschätzt und ein Innenpegel berechnet.

82 Personen (6,1 %) gaben an, lärmbedingt an Einschlafstörungen zu leiden, 111 (8,2 %) zeigten Aufwachreaktionen. Folgende signifikanten OR zwischen Schlafstörungen und äquivalenten Dauerschallpegeln unter Berücksichtigung der Confounderparameter nachts wurden gefunden:

- Einschlafstörungen für  $L_{p,A,eq,night} > 65$  dB(A) an der Schlafzimmeraußenfassade (OR = 13,75 (1,60-118,10))
- Einschlafstörungen für  $L_{p,A,eq,night} \geq 25 - 29$  dB(A) im Schlafzimmer (OR = 3,49 (1,11-11,00) bei 25 – 29 dB(A); OR = 5,79 (1,87-17,92) bei  $\geq 30$  dB(A))
- Lärminduziertes Aufwachen für  $L_{p,A,eq,night} \geq 60 - 64$  dB(A) an der Schlafzimmeraußenfassade (OR = 3,60 (1,69-7,63) bei 60 – 64 dB(A); OR = 7,13 (3,10-16,37) bei  $\geq 65$  dB(A))
- Lärminduziertes Aufwachen für  $L_{p,A,eq,night} \geq 25 - 29$  dB(A) im Schlafzimmer (OR = 3,68 (1,32-10,24) bei 25 – 29 dB(A); OR = 7,50 (2,75-20,48) bei  $\geq 30$  dB(A))

Folgende signifikanten OR zwischen Schlafstörungen und Maximalpegeln unter Berücksichtigung der Confounderparameter nachts wurden gefunden:

- Einschlafstörungen für  $L_{p,A,max} \geq 85 - 89$  dB(A) an der Schlafzimmeraußenfassade (OR = 4,35 (1,54-12,27) bei 85 – 89 dB(A); OR = 7,48 (2,23-25,03) bei  $\geq 90$  dB(A))
- Einschlafstörungen für  $L_{p,A,max} \geq 50 - 54$  dB(A) im Schlafzimmer (OR = 9,82 (1,27-76,16) bei 50 – 54 dB(A); OR = 9,53 (1,19-76,41) bei  $\geq 55$  dB(A))
- Lärminduziertes Aufwachen für  $L_{p,A,max} \geq 80 - 84$  dB(A) an der Schlafzimmeraußenfassade (OR = 2,91 (1,12-7,58) bei 85 – 89 dB(A); OR = 5,36 (2,11-13,65) bei 85 – 89 dB(A); OR = 9,81 (3,42-28,18) bei  $\geq 90$  dB(A))
- Lärminduziertes Aufwachen für  $L_{p,A,max} \geq 50 - 54$  dB(A) im Schlafzimmer (OR = 14,08 (1,85-106,96) bei 50 – 54 dB(A); OR = 14,97 (1,93-116,04) bei  $\geq 55$  dB(A))

Auffällig sind insgesamt die sehr breiten Konfidenzintervalle, insbesondere bei den Maximalpegeln. Deshalb sollten die Ergebnisse dieser Arbeit als tendenzielle Aussagen interpretiert werden.

Die in der Arbeit angegebenen Dosis-Wirkungskurven sind in den nachfolgenden Abbildungen 69 und 70 dargestellt.

Abbildung 69 Selbstberichtete Schlafstörung in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel außen, Aasvang et al. 2008

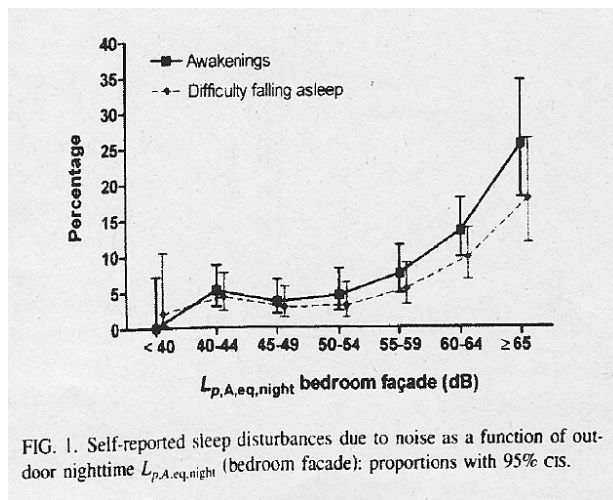
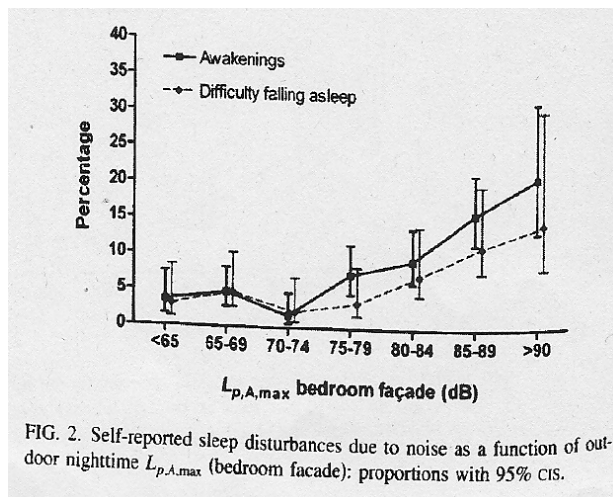


Abbildung 70 Selbstberichtete Schlafstörung in Abhängigkeit vom Maximalpegel außen, Aasvang et al. 2008



Neben der Lärmexposition waren Lärmempfindlichkeit, Art des Schlafzimmerfensters und Häufigkeit der Zugvorbeifahrten wesentliche Faktoren, die das Schlafverhalten beeinflussten. Bei etwa der Hälfte der Studienteilnehmer war das Schlafzimmer nicht der Raum mit der am stärksten belasteten Fassade, so dass auf diese Fassade bezogene Dosis-Wirkungskurven die lärminduzierten Schlafstörungen unterschätzen<sup>36</sup>.

## 4.2 Laborstudien

**Öhrström und Skånberg 2004**<sup>89</sup> untersuchten in einer kombinierten Labor- und Feldstudie den Einfluss von Straßenverkehrslärm auf die Schlafqualität. 18 Probanden, die in einem relativ ruhigen Gebiet wohnten, wurden mit einem  $L_{Aeq,23-07h}$  von 39 dB(A) an 6 aufeinanderfolgenden Tagen im

<sup>36</sup> Bei 65 dB(A) Außenpegel lag der Unterschied des Prozentsatzes der berichteten Schlafstörungen zwischen Schlafzimmerfassade und am stärksten belasteter Fassade bei ca. 10 %.

Labor und zu Hause beschallt. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede der Schlafqualität und den aktimetrisch ermittelten Schlafparametern unter Labor- bzw. Feldbedingungen. Letztere unterschieden sich auch nicht von denen im unbeschallten Zustand ermittelten. Das deutet darauf hin (s. auch Moehler et al.<sup>78</sup>), dass Schlafstörungen für relativ niedrige Pegel nur in geringem Maß mit Körperbewegungen korrelieren. Die subjektiv ermittelte Schlafqualität (auf einer Skala von 0-100) sank von 74,6 (ohne Beschallung, Standardabweichung SD = 17,0) auf 58,4 (SD = 23,0) im Labor sowie von 77,6 (ohne Beschallung, SD = 19,8) auf 61,7 (SD = 17,5) zu Hause.

Um den Einfluss einer Laborumgebung auf das Schlafverhalten bei Lärm zu untersuchen, beschallten **Kaku et al. 2004**<sup>90</sup> 12 Probanden in 10 Nächten mit Geräuschen von Straßen- und Schienenverkehr. Die Schwelle für Aufwachreaktionen lag für Straßenverkehrslärm bei  $L_{Aeq,1h} = 40 - 45 \text{ dB(A)}$  und bei Schienenverkehrslärm bei ca. 35 dB(A) (entsprechend einem  $L_{max} \sim 50 - 55 \text{ dB(A)}$ ).

**Quehl** untersuchte **2005**<sup>91</sup> an 128 Probanden die Wirkung von Nachtfluglärm auf Schlafqualität und -quantität. Die Verdopplung der Anzahl der Lärmereignisse führte dabei zu signifikanten Einbußen des Schlafenerlebens, was zu der Schlussfolgerung führt, dass nicht nur der äquivalente Dauerschallpegel und der Maximalpegel sondern auch die Ereignishäufigkeit zur Beurteilung der Wirkungen von Fluglärm herangezogen werden sollten.

In einer Fortführung der Arbeit von 2004 untersuchten **Skånberg und Öhrström 2006**<sup>92</sup> mit 14 Probanden, die in ihrer Wohnumgebung starkem Straßenverkehrslärm ausgesetzt waren, die Auswirkungen von Straßenverkehrslärm mit  $L_{Aeq,23-07h} = 33 \text{ dB(A)}$ <sup>37</sup>. Auch hier wurden zwischen Labor- und Feldstudie keine signifikanten Unterschiede festgestellt; die aktimetrischen Parameter waren nicht aussagekräftig. Die subjektiv ermittelte Schlafqualität (auf einer Skala von 0-100) sank von 67,4 (ohne Beschallung, Standardabweichung SD = 20,30) auf 58,5 (SD = 16,1) im Labor sowie auf 62,2 (SD = 10,9) zu Hause. Vergleicht man die Werte mit denen der Studie von 2004, scheinen keine signifikanten Aussagen ableitbar; dies dürfte auch mit dem geringen Stichprobenumfang beider Studien zusammenhängen.

In einer Studie mit 16 Teilnehmern zur Untersuchung der Auswirkungen von Straßen- und Schienenverkehrslärm sowie Fluglärm auf den Schlaf kommen **Griefahn et al. 2006**<sup>93</sup> zu dem Ergebnis, dass die subjektiv erlebte Schlafqualität mit zunehmendem Pegel ( $L_{Aeq}$  von 39, 44 bzw. 50 dB(A)) sinkt, unabhängig von der Art der Quelle. Damit ist der äquivalente Dauerschallpegel eine geeignete Größe zur Beschreibung der subjektiv empfundenen Schlafqualität. Die physiologischen Reaktionen, wie bspw. SWS (slow wave sleep) und REM-Schlaf unterschieden sich nur unwesentlich bei 39 bzw. 44 dB(A), sind jedoch bei 50 dB(A) deutlich stärker ausgeprägt, was auf einen Schwelleneffekt für diese hindeutet. Zudem fallen die physiologischen Reaktionen auf Schienenverkehrslärm am stärksten aus.

---

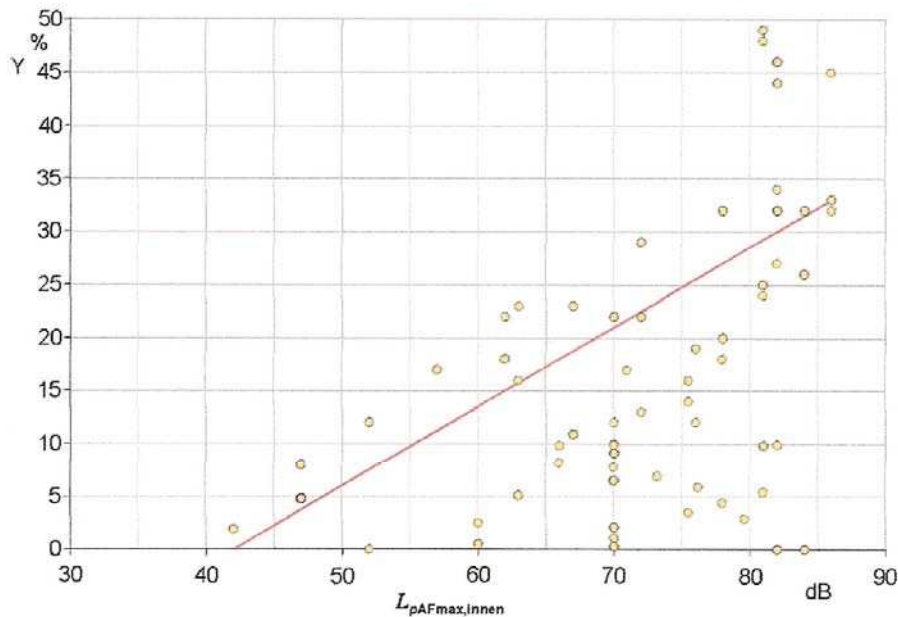
<sup>37</sup> Warum Probanden, die in ihrem Wohnumfeld regelmäßig stärkerem Lärm ausgesetzt waren, hier, im Vergleich zur Vorgängerstudie, mit geringeren Pegeln beschallt wurden, wird nicht erläutert.

In der **VDI 3377 Teil 2 2007**<sup>94</sup> wird ein Verfahren angegeben, um die Lärmwirkung mehrerer Quellen zu ermitteln. Für die nächtliche Beeinträchtigung werden Aufweckwahrscheinlichkeiten  $A_{WP}$  betrachtet, die durch Maximalpegelereignisse bedingt sind. Hierfür wird, aus der Analyse der Literatur, ein linearer Dosis-Wirkungszusammenhang angegeben (s. auch Abbildung 71).

$$A_{WP} = 0,75 L_{pAF \max} - 31,5 \text{ dB}$$

Gleichung 40

Abbildung 71 Aufwachreaktionen , VDI 3377\_2, 2007

**Legende / Key**

- Y Aufweckwahrscheinlichkeit\* im Labor in Prozent (%); *awakening probability\* in the laboratory as percentage (%)*
- $A_{WP} = 0,75 L_{pAF \max} - 31,5 \text{ dB}$
- Aufweckhäufigkeit\* in Laborstudien\* nach [9], [10], [12] und [13]; *awakening frequency\* in laboratory studies\* according to [9], [10], [12] and [13].*

**Basner et al. 2008**<sup>95</sup> untersuchten die Auswirkungen nächtlichen Fluglärms auf die Makro- und Mikrostruktur des Schlafs. 10 Probanden wurden 13 Nächte lang Maximalpegeln von 45 bzw. 65 dB(A) ausgesetzt. Das führte für die makroskopischen Schlafvariablen Häufigkeit des Aufwachen (AWR), Anzahl des Aufwachens und Änderung des Schlafzustands (Übergang in Phase S 1) (AS1), Veränderungen des Schlafzustands (CSS) sowie Anzahl der Weckreaktionen (arousal, ARS) zu deutlichen Veränderungen: Bereits bei 45 dB(A) betrug das Odds Ratio für diese Reaktionen zwischen 1,24 und 1,85; bei 65 dB(A) lag es zwischen 4,65 und 5,10.

## 5 Gesundheitliche Beeinträchtigungen

In der Literatur werden verschiedene Auswirkungen des Verkehrslärms auf die Gesundheit betrachtet, wie bspw. Zunahme Ischämischer Herzkrankheiten (inkl. Myokardinfarkt), Erhöhung des Blutdrucks und der Blutfettwerte, erhöhtes Risiko für Bluthochdruck, Zunahme der Herzrate, erhöhtes Erkrankungsrisiko für Atemwegserkrankungen (inkl. Asthma), Depressionen, Allergien, Migräne, Tumore, Magengeschwüre sowie eine verstärkte Einnahme verschiedener Medikamente. In den folgenden Abschnitten soll insbesondere auf die Ischämischen Herzkrankheiten, den Bluthochdruck und die Medikamenteneinnahme (Vertiefung, wenn Studie des MUFV von RLP vorliegt) eingegangen werden, da dazu relativ belastbare Zahlen erhoben werden konnten.

### 5.1 Ischämische Herzkrankheiten

In einer zusammenfassenden Arbeit führen **Passchier-Vermeer und Passchier 2000**<sup>96</sup> die verschiedenen gesundheitlichen Auswirkungen von Umgebungslärm und Arbeitslärm auf. Dabei geben sie für Ischämische Herzkrankheiten und Bluthochdruck ein Relatives Risiko (Odds Ratio) von 1,5 für  $L_{dn} > 70\text{dB(A)}$  (Schwellenwert) an.

In der o.a. Arbeit zu den Lärmwirkungen auf die Gesundheit geben **De Kluizenaar et al. 2001**<sup>81</sup> auch Dosis-Wirkungsbeziehungen für das relative Risiko Ischämischer Herzkrankheiten an, die ab einem Schwellenwert von 70 dB(A) ( $L_{den}$ ) bei der Einwirkung von Straßenverkehrs- bzw. Fluglärm<sup>38</sup> auftreten:

$$OR = 0,5 + 0,008 \cdot L_{den} \quad L_{den} > 70\text{dB(A)} \quad \text{Gleichung 41}$$

**Lee und Fleming 2002**<sup>4</sup> ziehen in ihrer zusammenfassenden Darstellung zu den gesundheitlichen Auswirkungen des Lärms den Schluss, dass durch Studien belegt ist, dass eine langanhaltende Exposition mit mehr als 65 dB(A) ( $L_{day}$ ) kardiovaskuläre Krankheitseffekte verursacht.

Im Rahmen des „Spandauer Gesundheits-Survey“ (SGS), einer Langzeituntersuchung, in der periodisch (alle 2 Jahre) der Gesundheitszustand der Teilnehmer erhoben wird, wurde im 9. Durchgang auch die Geräuschbelastung außen an der Wohnung durch Straßenverkehrs- und Fluglärm sowie die Lärmbelästigung der Bewohner erfasst. Dieser Durchgang umfasste 2.015 Personen, von denen 1.714 mindestens zum fünften Mal an der Untersuchung teilnahmen. **Maschke et al. 2003**<sup>97</sup> werten die Ergebnisse in einer umfangreichen Studie aus, um u.a. einen Zusammenhang zwischen Lärmbelastung und Ischämischen Herzkrankheiten (Angina pectoris,

<sup>38</sup> Für Schienenverkehrslärm sind keine Daten verfügbar.

Myokardinfarkt) aufzufinden<sup>39</sup>. Angegeben werden die Perioden-Prävalenz (ärztliche Behandlung seit der letzten Untersuchung, d.h. in den letzten 2 Jahren) sowie die Lebenszeit-Prävalenz (wurde jemals eine Erkrankung festgestellt).

Für die Belastung durch Straßenverkehrslärm tags wurde in der Pegelklasse zwischen 60 und 65 dB(A) ein deutlich erhöhtes Risiko ( $OR = 4$ ) für Angina pectoris nachgewiesen, dieses beträgt bei Pegeln über 65 dB(A) jedoch nur  $OR = 2$ , so dass kein klarer Dosis-Wirkungszusammenhang aufgestellt werden kann (s. Abbildung 72).

Abbildung 72 OR für Angina pectoris tags, Perioden-Prävalenz, Straße, Maschke 2003

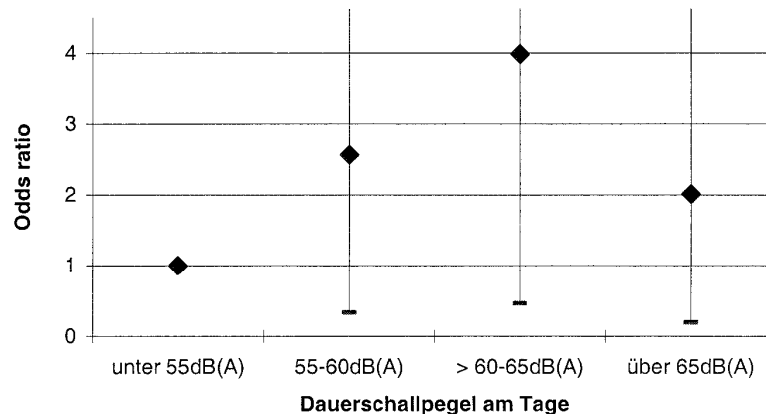


Abb. 9.19 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (Gesamtstichprobe)

Für die Belastung durch Straßenverkehrslärm nachts wurden in den Pegelklasse zwischen 60 und 65 dB(A) sowie > 65 dB(A) deutlich erhöhte Risiken ( $OR = 3,1$  bzw.  $OR = 3,2$ ) für Angina pectoris gefunden (s. Abbildung 73). Allerdings ist nicht klar ersichtlich, ob ein monotoner Dosis-Wirkungszusammenhang oder ein Schwelleneffekt vorliegt; ein linearer Fit liefert einen Anstieg des Odds Ratios von 22 % pro dB.

<sup>39</sup> In der Arbeit von Maschke et al. werden ferner durch nächtliche Straßenverkehrslärmbelastungen ein statistisch signifikantes erhöhtes Risiko mit einem linearen Anstieg für erhöhte Blutfettwerte sowie ein nicht signifikant erhöhtes Risiko mit einem linearen Anstieg für psychische Erkrankungen aufgezeigt.

Abbildung 73 OR für Angina pectoris nachts, Perioden-Prävalenz, Straße, Maschke 2003

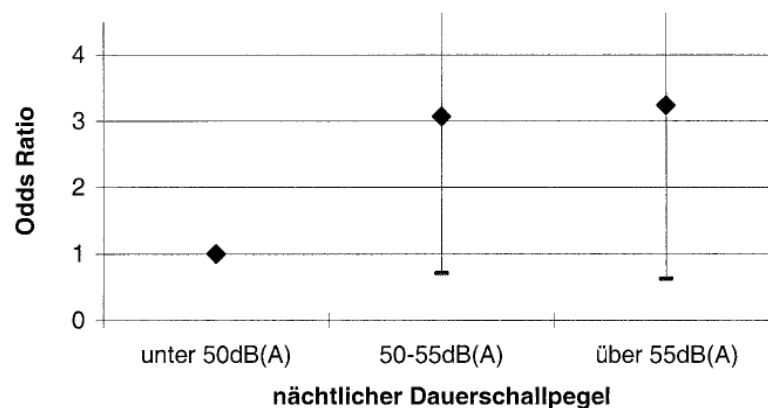


Abb. 9.21 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Wurden nur Probanden betrachtet, die in den letzten 2 Jahren nicht umgezogen waren und an einer verkehrsgezählten Straße lebten, ergab sich für den Dosis-Wirkungszusammenhang ein linearer Trend mit einer Zunahme des OR von 25 % pro dB. Wurde das Fensteröffnungsverhalten mit berücksichtigt, lagen nicht mehr genügend gültige Fälle für die statistische Auswertung vor.

Das Risiko für eine Erkrankung an Angina pectoris war auch bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz bei Probanden, die nachts einer Lärmbelastung von mehr als 55 dB(A) ausgesetzt sind, deutlich erhöht. Der lineare Fit ergab eine Zunahme des OR um 7 % pro dB.

Für die Belastung durch Fluglärm ergab sich kein signifikanter Zusammenhang, ebenso wenig wie zwischen der subjektiv empfundenen Störwirkung durch Straßenverkehrslärm tags oder nachts und einer Erhöhung des Erkrankungsrisiko für Angina pectoris.

Für das Risiko eines Myokardinfarkts bezüglich der Perioden-Prävalenz lässt sich tags eine leichte (nicht signifikante) Erhöhung des OR auf 1,4 feststellen, wenn die Probanden Pegeln zwischen 60 – 65 dB(A) ausgesetzt waren, nachts war eine Erhöhung auf 2,3 zu verzeichnen, wenn der Pegel Werte zwischen 50 – 55 dB(A) erreichte. Bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz ergab sich tags bei einem linearen Fit für den Dosis-Wirkungszusammenhang ein Anstieg des Odds Ratio von 10 % pro dB (vgl. Abbildung 74).



Abbildung 74 OR für Myokardinfarkt nachts, Lebenszeit-Prävalenz, Straße, Maschke 2003

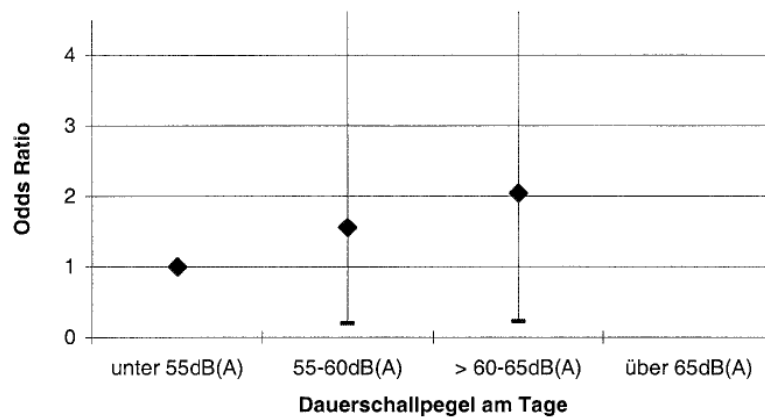


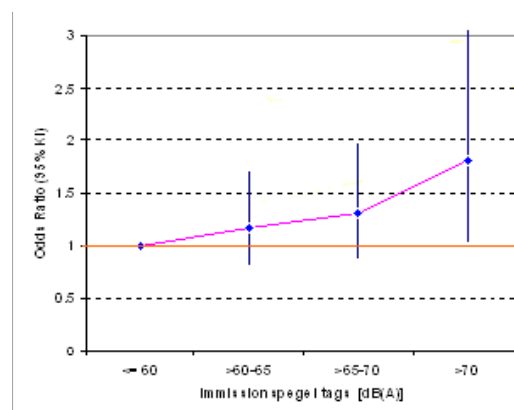
Abb. 9.42 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (Gesamtstichprobe)

Es konnte gezeigt werden, dass sich das OR bei Probanden erhöht, die sich tags durch Flug- und Straßenverkehrslärm stark gestört fühlten ( $OR = 2,7$ ), bei einer starken Störung durch Straßenverkehrslärm allein lag das OR bei 1,8, für Fluglärm allein bei 1,2.

In der sog. NaRoMi-Studie (Noise and Risk of Myocardial Infarction) wird der Zusammenhang zwischen Umwelt- und Arbeitslärm und der Inzidenz von Herzinfarkten an 4.115 Probanden untersucht. Bei der Auswertung und Interpretation dieser Studie kommt **Babisch 2004**<sup>98</sup> bezüglich der Auswirkungen von Straßenverkehrs- und Fluglärm zu den nachfolgenden Ergebnissen.

Mit steigendem Lärmpegel tags ist bei Männern ein stetiger leichter Anstieg des Odds Ratios für Myokardinfarkt zu beobachten, der allerdings nicht signifikant ist (vgl. Abbildung 75 und die Tabelle 6).

Abbildung 75 OR für Myokardinfarkt tags, NaRoMi, Straße, Babisch 2004



Werden nur Probanden, die eine Wohndauer von mehr als 10 Jahren aufweisen, betrachtet, so ergibt sich in dieser Teilstichprobe bei Pegeln  $> 70$  dB(A) tags ein signifikant erhöhtes

Erkrankungsrisiko von 1,81. Für Frauen konnte kein Zusammenhang zwischen Lärmbelastung und Myokardinzidenz nachgewiesen werden.

Tabelle 6 OR für Myokardinzidenz, NaRoMi, Babisch 2004

Relatives Myokardrisiko OR mit 95 % -KI	$L_{Aeq, tags} \leq 60 \text{ dB(A)}$	$L_{Aeq, tags} > 60 - 65 \text{ dB(A)}$	$L_{Aeq, tags} > 65 - 70 \text{ dB(A)}$	$L_{Aeq, tags} > 70 \text{ dB(A)}$
Männer, Gesamtstichprobe	1	1,01 (0,77-1,31)	1,13 (0,86-1,49)	1,27 (0,88-1,84)
Männer, Teilstichprobe Wohndauer > 10 Jahre	1	1,17 (0,81-1,69)	1,31 (0,88-1,97)	<b>1,81</b> (1,02-3,21)
Frauen, Gesamtstichprobe	1	1,14 (0,70-1,85)	0,93 (0,57-1,52)	0,66 (0,32-1,35)

Es werden Zusammenhänge zwischen Straßenverkehrspegel und Belästigungsreaktion angegeben. Die Belästigung wurde dabei mit einer Skala von 1 bis 5 („überhaupt nicht gestört“, ..., „sehr gestört“) erhoben. Im Pegelbereich zwischen  $\leq 60$  und  $> 70 \text{ dB(A)}$  tags ist Schienenverkehrslärm weniger belästigend (mittlerer Belästigungswert zwischen 1,25 und 1,5) als Fluglärm (unter 1,75). Straßenverkehrslärm hingegen weist Belästigungswerte zwischen 1,75 bei  $\leq 60 \text{ dB(A)}$  bis zu ca. 2,75 bei  $> 70 \text{ dB(A)}$  auf. Ähnliche Aussagen lassen sich auch für die nächtliche Belästigung durch Verkehrslärm (Pegel zwischen  $\leq 50$  und  $> 60 \text{ dB(A)}$ ) treffen: Die Unterschiede zwischen Flug- und Schienenverkehrslärm fallen noch geringer aus: Der mittlere Belästigungswert liegt unter 1,25. Straßenverkehrslärm dagegen weist eine monotone Zunahme der Belästigung von ca. 1,38 bis zu 2,0 auf.

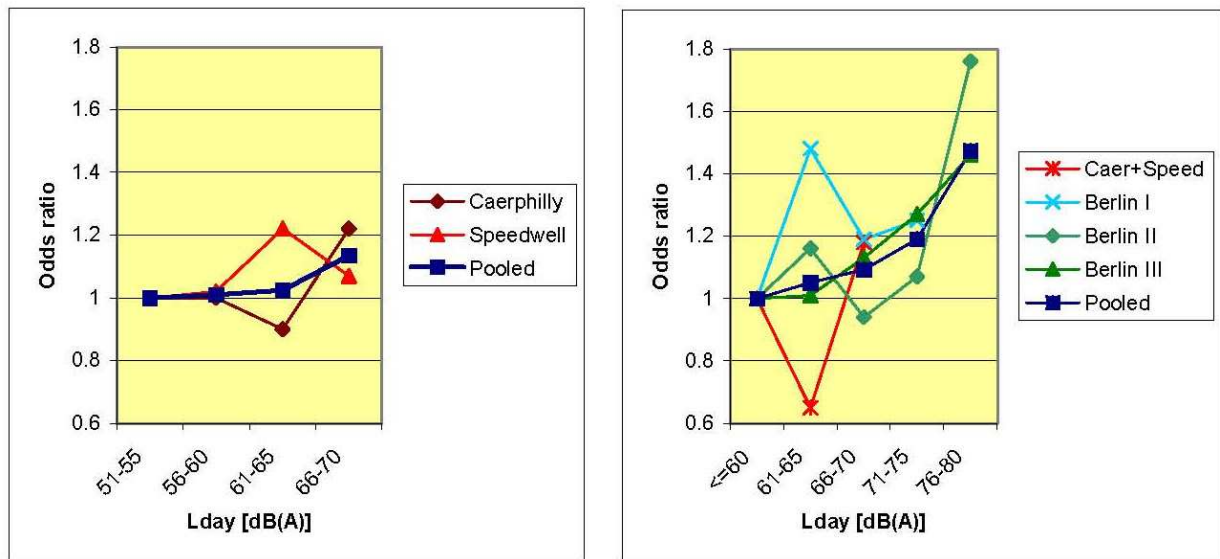
Damit kann ein Zusammenhang zwischen Lärmbelästigung und Herzinfarktrisiko aufgestellt werden (vgl. Tabelle 7), der für Männer nachts für Straßenverkehrslärm sowie für Frauen tags für Fluglärm signifikant ist.

Tabelle 7 Zusammenhang zwischen Lärmbelästigung und Myokardrisiko, NaRoMi, Straße, Babisch 2004

Lärmquelle	OR mit 95 % -KI Frauen tags	OR mit 95 % -KI Frauen nachts	OR mit 95 % -KI Männer tags	OR mit 95 % -KI Männer nachts
Straße	1,03 (0,90-1,18)	0,98 (0,84-1,14)	1,04 (0,97-1,12)	<b>1,10</b> (1,01-1,20)
Flug	1,13 (0,97-1,32)	<b>1,28</b> (1,01-1,63)	1,01 (0,93-1,10)	1,05 (0,93-1,19)
Schiene	0,96 (0,78-1,18)	0,94 (0,71-1,24)	0,92 (0,82-1,04)	0,99 (0,85-1,15)

**Babisch 2006<sup>99</sup>** stellt in einer Meta-Analyse von insgesamt 61 epidemiologischen Lärmstudien u.a. einen Dosis-Wirkungszusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm und Myokardinfarkt auf. Die Grundlage hierfür bilden fünf analytische und zwei deskriptive Studien aus den Jahren 1990 bis 2004. Die nachfolgende Abbildung 76 zeigt die OR der einzelnen Studien.

Abbildung 76 OR für Myokardinfarkt deskriptive und analytische Studien, Straße, Babisch 2006



Figures 7 and 8. Single and pooled effect estimates (odds ratios) for the descriptive and analytic studies of the association between road traffic noise level and the prevalence (left graph) and incidence (right graph), respectively, of myocardial infarction

Die gepoolten Daten wurden einem polynomialen Kurvenfit unterworfen (s. Abbildung 77).

Abbildung 77 OR für Myokardinfarkt, polynomialer Kurvenfit, Straße, Babisch 2006

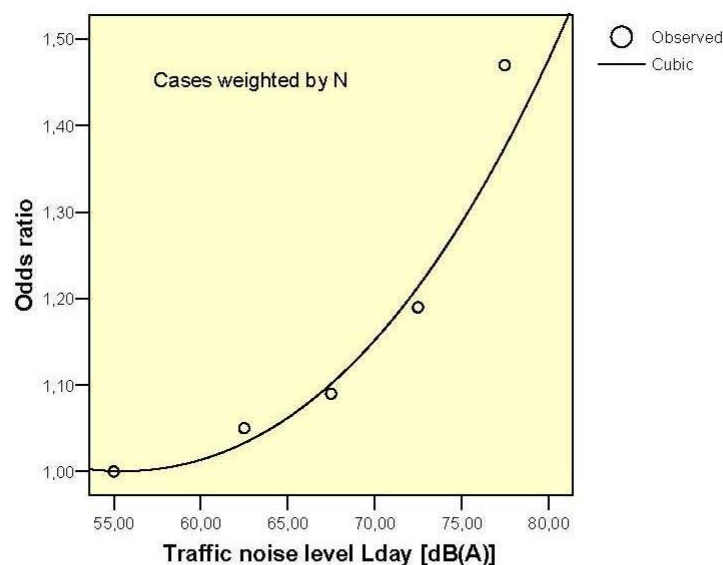


Figure 10. Polynomial curve fit (N-weighted data points) of the association between road traffic noise and incidence of myocardial infarction.

$$OR = 1.629657 - 0.000613 \cdot \text{Noise}^2 + 0.000007356734623455 \cdot \text{Noise}^3 ; R^2 = 0.96$$

(no significant linear term in the equation)

Der Kurvenverlauf wird durch den Dosis-Wirkungszusammenhang (Polynom 3. Grades)

$$OR = 1,629657 - 0,000613 \cdot L_{day}^2 + 0,7356735 \cdot 10^{-6} L_{day}^3$$

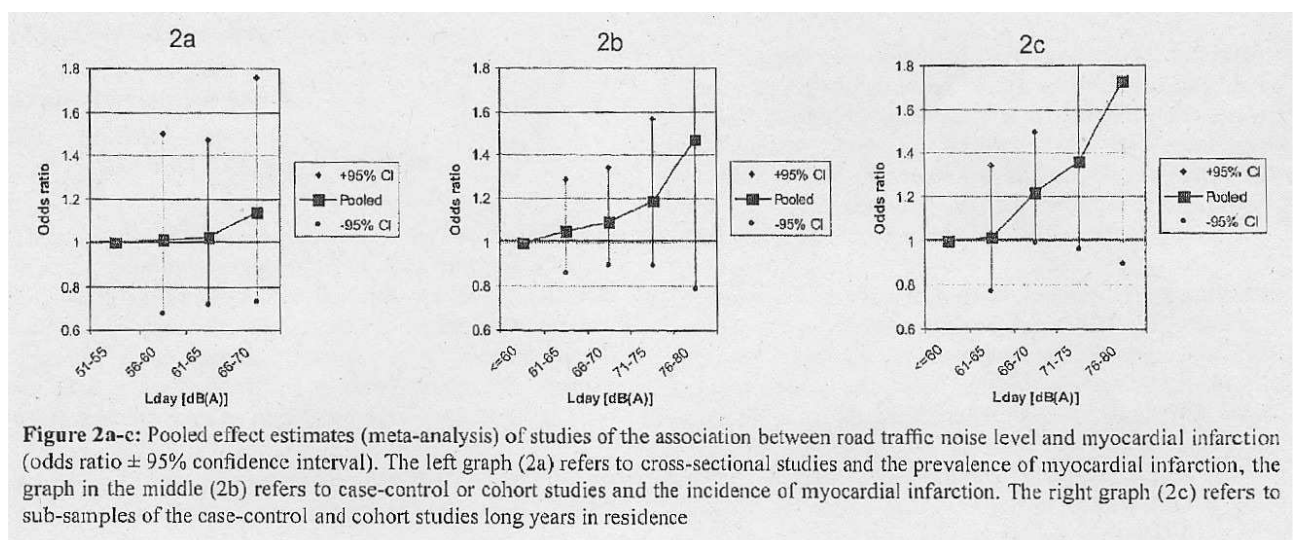
Gleichung 42

beschrieben.

Neben der Angabe der Dosis-Wirkungsrelation für Myokardinfarkt werden auch die Lärmauswirkungen auf Ischämische Herzkrankheiten i.a. betrachtet: Es kann davon ausgegangen werden, dass bei einer Lärmexposition von weniger als 60 dB(A) tags wahrscheinlich nicht mit einem erhöhten Risiko für diese Erkrankungen zu rechnen ist. Die relativen Risiken liegen für Pegelwerte über 65 dB(A) zwischen 1,1 und 1,5. Die Effekte fallen höher aus, wenn Faktoren wie Wohndauer, Raumorientierung und Fensteröffnungsverhalten berücksichtigt werden.

**Babisch 2008**<sup>29</sup> fasst die oben aufgeführten Ergebnisse zusammen und zeigt Dosis-Wirkungszusammenhang für das Myokardrisiko (Prävalenz und Inzidenz) auf. Das OR erhöht sich insbesondere für Personen, die eine lange Wohndauer am Expositionsort aufweisen (s. Abbildung 78).

Abbildung 78 OR für Myokardinfarkt, Straße, Babisch 2008



Es wurde eine Zunahme des OR von 1,17 (0,87-1,57) für Pegelerhöhungen um jeweils 10 dB (bei  $L_{day} > 60$  dB(A)) gefunden.

Die Ergebnisse einer 1992-1994 durchgeführten Studie zur Untersuchung der Langzeitauswirkungen (Zeitraum von 1970 bis 1992-1994) von Straßenverkehrslärm auf das Myokardrisiko fassen **Selander et al. 2009**<sup>100</sup> zusammen. Die Lärmexposition (und die Luftverschmutzung) wurden für 3.666 Studienteilnehmer ermittelt; davon erlitten 1.571 einen Myokardinfarkt. Es zeigte sich eine Korrelation ( $r = 0,6$ ) zwischen langjähriger individueller Lärmexposition und Luftverschmutzung ( $NO_2$ ); ein Zusammenhang zwischen  $NO_2$ -Belastung und Myokardrisiko konnte nicht aufgezeigt werden. Eine Zunahme des Myokardrisikos wurde bereits bei einer Exposition von  $> 50$  dB(A) ( $L_{Aeq,24h}$ ) gefunden, das Odds Ratio betrug hierfür

1,12 (KI = 0,95-1,33). Bei einer Zunahme der Exposition wurde ein linearer Trend zur Zunahme des OR von 1,06 je 5dB (KI = 0,95-1,33) gefunden. In einer Teilgruppe, die ausschließlich Straßenverkehrslärm ausgesetzt war, konnte ein erheblich höheres Risiko für Myokardinfarkt nachgewiesen werden: OR = 1,38 (KI = 1,11-1,71) für  $L_{Aeq,24h} > 50\text{dB(A)}$  sowie ein linearer Trend zur Zunahme des OR von 1,18 je 5dB (KI = 1,03-1,36). Die Abbildung 79 zeigt die OR für die gesamte Gruppe sowie verschiedene Teilgruppen.

Abbildung 79 OR für Myokardinfarkt, Straße, Selander et al. 2009

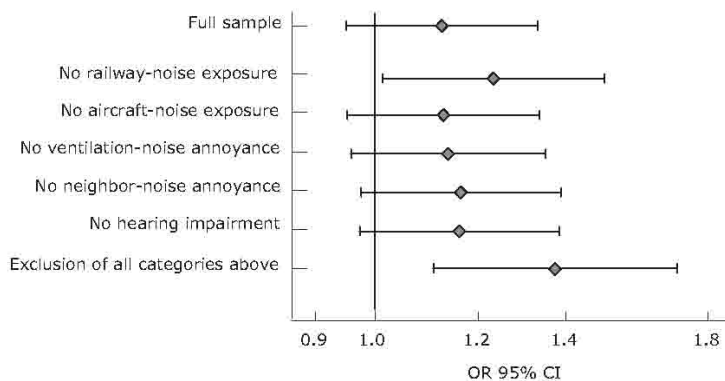


FIGURE 2. Associations (OR, 95% CI) between road traffic noise exposure (cut-off  $\geq 50$  dB  $L_{Aeq,24h}$ ) and MI for subgroups defined by excluding persons with noise exposure from other sources or reported hearing loss in a case-control study from Stockholm. All models were adjusted for matching variables (age, sex, and catchment area) and for diabetes, physical inactivity, smoking, air pollution, and occupational noise exposure.

## 5.2 Bluthochdruck (BHD)

In ihrer zusammenfassenden Analyse zu den Lärmwirkungen auf die Gesundheit geben **De Kluizenaar et al. 2001**<sup>81</sup> auch Dosis-Wirkungsbeziehungen für das relative Risiko von Bluthochdruckerkrankungen an, die ab einem Schwellenwert von 70 dB(A) ( $L_{den}$ ) bei der Einwirkung von Straßenverkehrs- bzw. Fluglärm<sup>40</sup> auftreten:

$$OR = 0,5 + 0,007 \cdot L_{den} \quad L_{den} > 70\text{dB(A)} \quad \text{Gleichung 43}$$

In einer Metaanalyse von insgesamt 43 zwischen 1970 und 1999 erschienen epidemiologischen Studien stellen **van Kempen et al. 2002**<sup>101</sup> die Auswirkungen von Arbeitsplatz- und Umgebungslärm auf Bluthochdruck und Ischämische Herzerkrankungen dar. Obwohl es Hinweise darauf gibt, dass eine Lärmexposition die Ausbildung von Ischämischen Herzkrankheiten begünstigt, kann aus den Studien kein definitiver Zusammenhang abgeleitet werden<sup>41</sup>; Anhaltspunkte für die Existenz eines Schwellenwertes lagen nicht vor. Für die Ausbildung von Bluthochdruck unter der Einwirkung von Fluglärm wurde ein statistisches signifikantes relatives Risiko von 1,26 (1,14-1,39) bei Pegelerhöhung ( $L_{Aeq}$ ) tags von jeweils 5 dB gefunden<sup>42</sup>.

<sup>40</sup> Für Schienenverkehrslärm sind keine Daten verfügbar.

<sup>41</sup> Für Straßenverkehrslärm wurde ein Odds Ratio von 1,09 (1,05-1,13) bei Pegelerhöhung von jeweils 5 dB für die Prävalenz gefunden.

<sup>42</sup> Diese Ergebnisse stützen sich allerdings nur auf eine Studie von 1976.

**Maschke et al. 2003**<sup>97</sup> werten die Ergebnisse des „Spandauer Gesundheits-Survey“ (s.o.) aus, um u.a. einen Zusammenhang zwischen Lärmbelastung und Bluthochdruckerkrankungen aufzufinden. Angegeben werden die Perioden-Prävalenz (ärztliche Behandlung seit der letzten Untersuchung, d.h. in den letzten 2 Jahren) sowie die Lebenszeit-Prävalenz (wurde jemals Bluthochdruck festgestellt).

In der Gesamtstichprobe war eine auffällige Erhöhung des relativen Risikos (OR) für Personen, die tags Pegeln von mehr als 65 dB(A) ausgesetzt sind, zu verzeichnen (s. die nachfolgende Abbildung 80). Das OR zeigte einen linearen Anstieg von ca. 3 % pro dB (Dosis-Wirkungsbeziehung).

Abbildung 80 OR für BHD tags, Perioden-Prävalenz, Straße, Maschke 2003

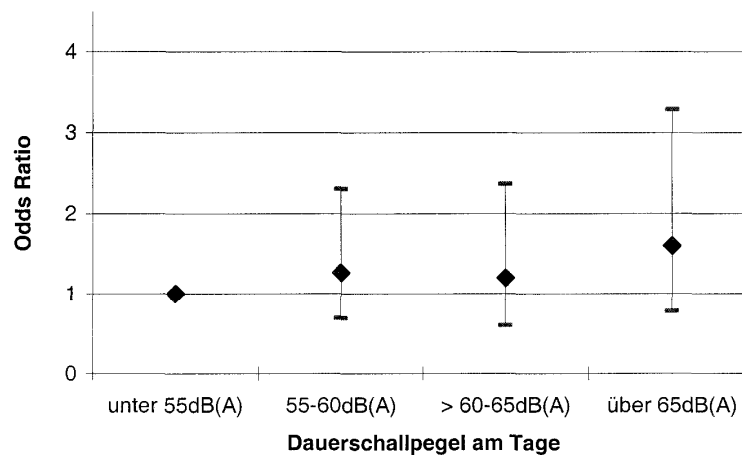


Abb. 9.1 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (Gesamtstichprobe)

Bei einer nächtlichen Straßenverkehrslärmbelastung von 50 - 55 dB(A) wurde ein signifikantes Risiko von 1,6 ( $p = 0,021$ ) und bei Pegeln > 55 dB(A) von 1,9 ( $p = 0,019$ ) und ein linearer Anstieg des OR von ca. 9 % pro dB gefunden (s. Abbildung 81).

Abbildung 81 OR für BHD nachts, Perioden-Prävalenz, Straße, Maschke 2003

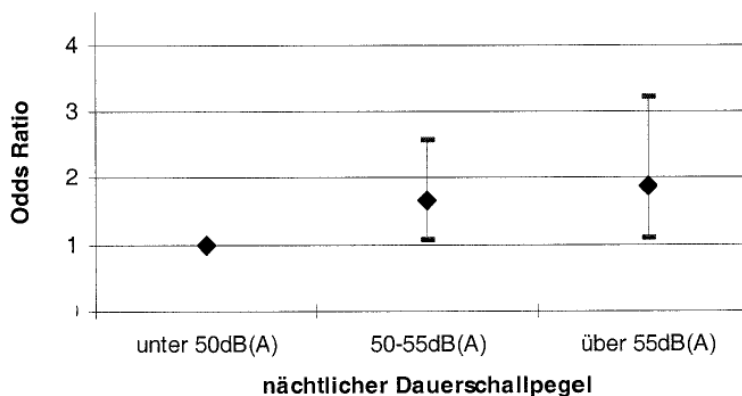


Abb. 9.3 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Werden nur Personen betrachtet, die angaben, nachts bei geöffnetem Fenster zu schlafen, so erhöhen sich diese Werte erheblich (s. Abbildung 82): Bei Pegeln von 50 - 55 dB(A) wurde ein signifikantes Risiko von ca. 4,5 ( $p = 0,048$ ) und bei Pegeln  $> 55$  dB(A) von 6,2 ( $p = 0,023$ ) sowie ein linearer Anstieg des OR von ca. 46 % pro dB ermittelt.

Abbildung 82 OR für BHD Straßenverkehrslärm nachts, Perioden-Prävalenz, geöffnete Fenster, Maschke 2003

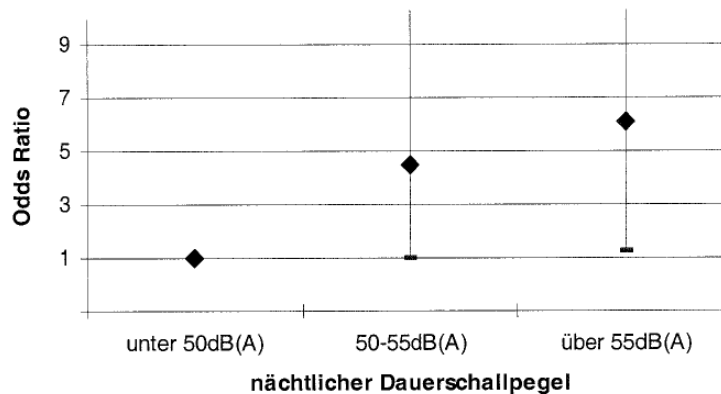


Abb. 9.7 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Probanden, die angaben, überwiegend mit geöffnetem Fenster zu schlafen)

Das Risiko für eine BHD-Behandlung war auch bzgl. der Lebenszeit-Prävalenz bei Probanden, die nachts einer Lärmbelastung von mehr als 55 dB(A) ausgesetzt sind, mit einem Odds Ratio von 1,8 deutlich und signifikant erhöht.

Für die Belastung durch Fluglärm ergaben sich keine signifikanten Zusammenhänge, was damit erklärt werden kann, dass zur Ausbildung von BHD die nächtliche Lärmbelastung entscheidend beiträgt, für den Flughafen Tegel jedoch eine Nachtflugregelung besteht, die von 22.00 bis 05.00 Uhr keine planmäßigen Starts und Landungen zulässt.

Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Störwirkung durch Straßenverkehrslärm tags oder nachts und einem Erkrankungsrisiko für BHD hergestellt werden.

**Niemann et al. 2004a**<sup>102</sup> geben in einer Zusammenfassung der Ergebnisse der LARES-Studie, die 2002 / 2003 in acht europäischen Staaten (insgesamt  $N = 8.519$ ) durchgeführt wurde, um u.a. auch die Auswirkungen der Wohnumfeldbedingungen auf die Gesundheit zu eruieren, einen Überblick über durch Fluglärm induzierte Erkrankungsrisiken. Die Belästigung wurde auf einer 5-stufigen Skala erfasst; die gesundheitlichen Beeinträchtigungen wurden anhand von Aussagen zu ärztlich diagnostizierten Erkrankungen erhoben (Perioden-Prävalenz, letzte 12 Monate). Die Lärmexposition wurde nicht ermittelt. Die Abbildungen 83 und 84 zeigen die relativen Erkrankungsrisiken (Odds Ratio) für mäßig und stark Belästigte.

Abbildung 83 OR für mittlere Belästigung, Perioden-Prävalenz, Flug, Niemann et al. 2004a

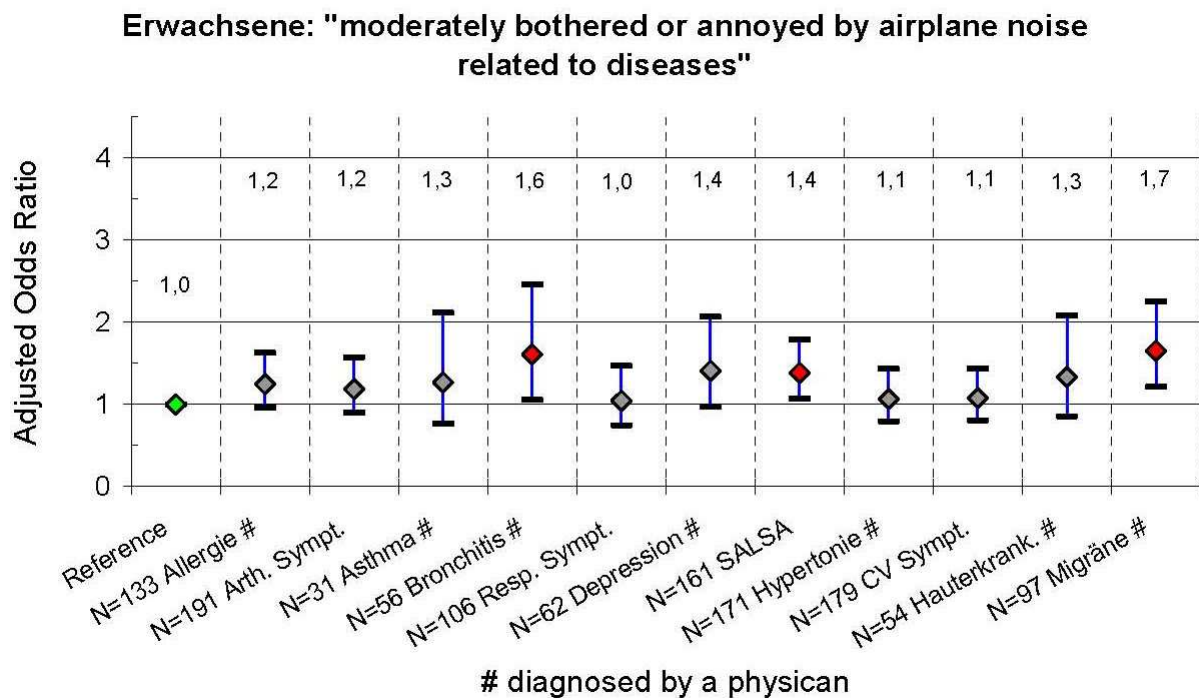
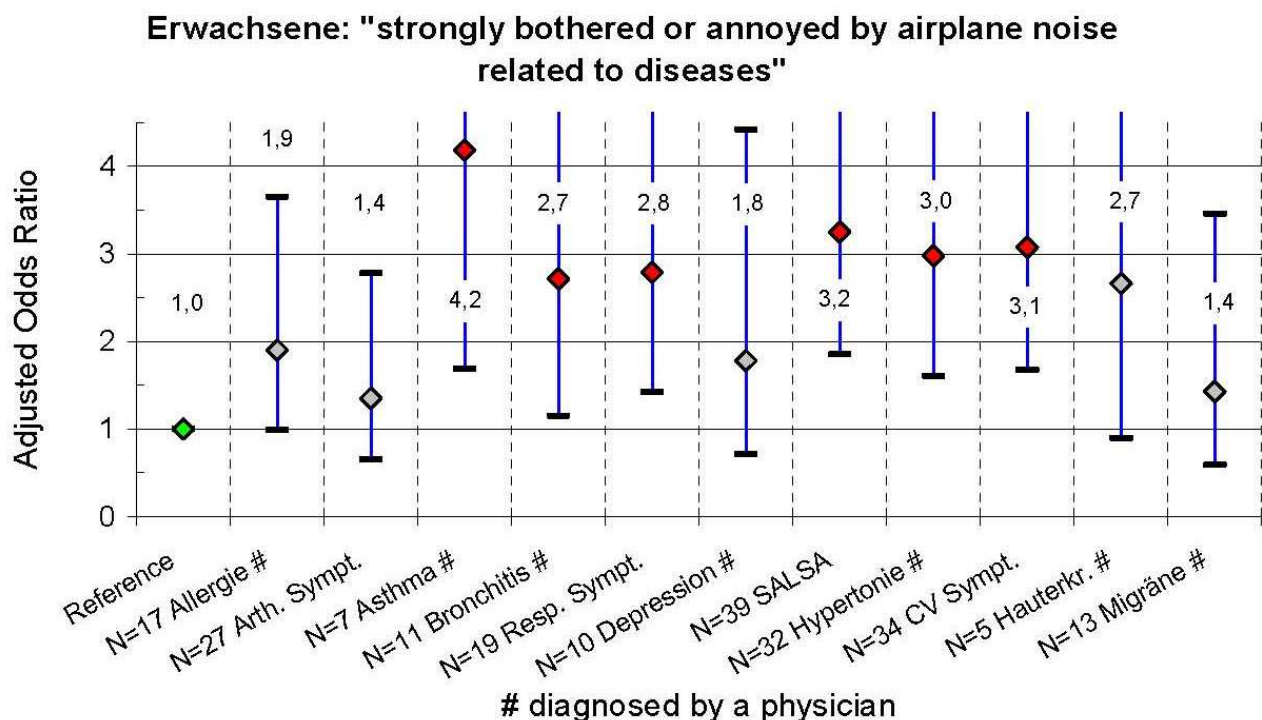


Abbildung 84 OR für hohe Belästigung, Perioden-Prävalenz, Flug, Niemann et al. 2004a

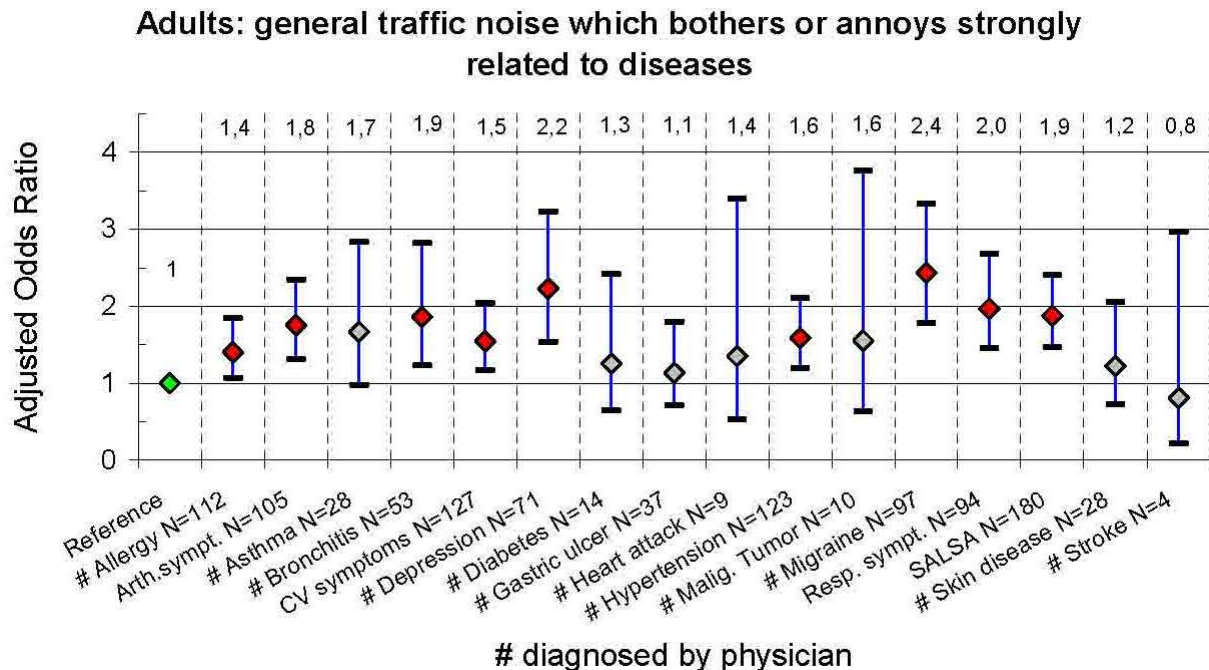


Bereits bei einer mäßigen Belästigung wird ein signifikant erhöhtes OR ( $> 1$ ) für Bronchitis, Depressionen (SALSA) und Migräne festgestellt. Bei einer starken Belästigung ist auch das Risiko für Asthma, respiratorische und kardiovaskuläre Symptome sowie Bluthochdruck signifikant erhöht, das OR für Migräne jedoch nicht. Das OR für BHD beträgt 3,0. Es zeigt sich (bis auf Migräne) ein deutlicher Dosis-Wirkungszusammenhang.



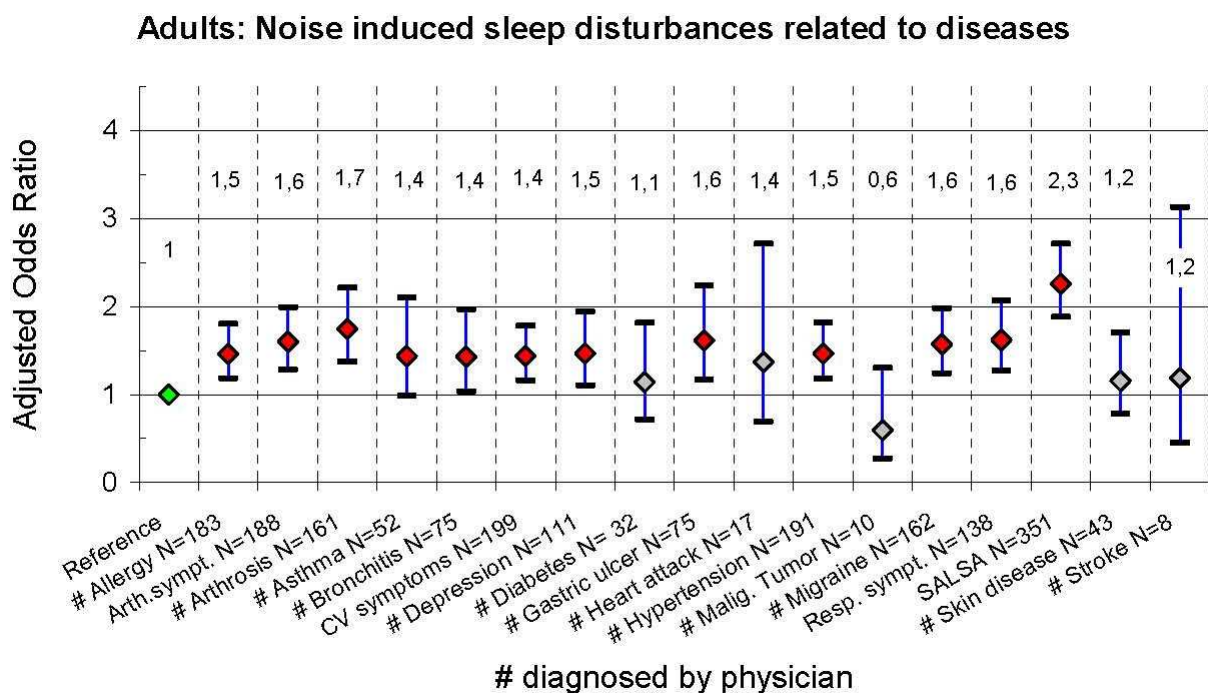
**Niemann und Maschke 2004b**<sup>103</sup> zeigen die Auswirkungen allgemeinen Verkehrslärms auf die Gesundheit auf. Die OR sind nicht so hoch wie bei Fluglärm (s.o.), dafür sind mehr lärmbeeinflusste Krankheiten aufgezeigt (s. Abbildung 85).

Abbildung 85 OR für Verkehrslärm starke Belästigung, Perioden-Prävalenz, Niemann et al. 2004b



Auch die gesundheitlichen Auswirkungen von lärminduzierten Schlafstörungen werden betrachtet, allerdings wird hier nicht die Schwere der Störung angegeben.

Abbildung 86 OR für Schlafstörungen, Perioden-Prävalenz, Niemann et al. 2004b



Die angegebenen OR sind für viele Effekte signifikant und liegen i.d.R. zwischen 1,5 und 2 (BHD: 1,5).<sup>43</sup>

In einer zusammenfassenden Arbeit untersucht **Rylander 2004**<sup>104</sup> lärminduzierte physiologische Veränderungen. Für Fluglärm konnte demnach durch Rosenlund et al. 2001<sup>105</sup> ein Dosis-Wirkungszusammenhang für Bluthochdruck nachgewiesen werden, der bereits ab 50 dB(A) ein OR > 1 aufweist.

In der Analyse von insgesamt 61 epidemiologischen Lärmstudien geht **Babisch 2006**<sup>99</sup> auch auf den Zusammenhang zwischen Bluthochdruck und Lärmexposition ein. Für Fluglärm ergeben sich signifikante Odds Ratios zwischen 1,4 und 2,1 (Auswertung von vier Studien) für Probanden, die tags Lärmpegeln von 60 – 70 dB(A) oder mehr ausgesetzt sind. Höhere Expositionen führen zu höheren Risiken für BHD.

Für Straßenverkehrslärm bietet sich kein einheitliches Bild: Obwohl neuere Studien Hinweise dafür liefern, dass bei Probanden, die hohen Lärmpegeln ausgesetzt sind, ein erhöhtes OR vorliegt, ergibt sich unter Einbeziehung älterer Studien kein konsistenter Dosis-Wirkungszusammenhang zwischen Exposition und BHD. Allerdings gibt es Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen subjektiver Störwirkung und dem Auftreten von BHD (OR zwischen 0,8 und 2,3).

Um den Zusammenhang zwischen der Exposition durch Straßenverkehrslärm und Bluthochdruck (BHD) zu untersuchen, führten **de Kluizenaar et al. 2007**<sup>30</sup> in Groningen (Niederlande) eine Studie mit 40.856 Teilnehmern durch.

Die Teilnehmer beantworteten einen einseitigen Fragebogen zu demographischen und medizinischen Aspekten, Rauchverhalten, familiärem kardiovaskulären Krankheitsrisiko und Schwangerschaft. Die selbstberichtete Einnahme blutdrucksenkender Mittel bzw. gemessene Werte des Blutdrucks von  $\geq 140$  mm Hg systolisch,  $\geq 90$  mm Hg diastolisch (entsprechend der WHO-Definition) wurden als Indiz für das Auftreten von BHD angesehen. Die Befragten gaben zudem eine Morgenurinprobe ab, um die Konzentration von Albuminen zu erfassen. Teilnehmer mit einer Konzentration von mehr als 10 mg / l sowie eine Kontrollgruppe (insgesamt 8.592 Personen) wurden in ein Screeningprogramm (PREVEND) aufgenommen.

Die Lärmexposition ( $L_{den}$  mit  $L_{den} \geq 45$  dB(A)), der die Probanden zu Hause ausgesetzt waren, wurde für die am stärksten belastete Fassade berechnet.

In einer logistischen Regressionsanalyse fanden verschiedene Parameter (Confounder, wie bspw. Alter, Geschlecht, aber auch PM 10-Belastung) Eingang.

Ohne die Berücksichtigung von Confoundern konnte in der Gesamtpopulation ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen einer Erhöhung des  $L_{den}$  um 10 dB und der selbstberichteten Einnahme blutdrucksenkender Mittel nachgewiesen werden. Das Odds Ratio (OR) betrug 1,31 (Konfidenzintervall KI: 1,25 – 1,37). Unter Berücksichtigung aller Confounder konnte ein statistisch signifikanter Zusammenhang für die Altersklasse zwischen 45 und 55 (OR = 1,19 mit

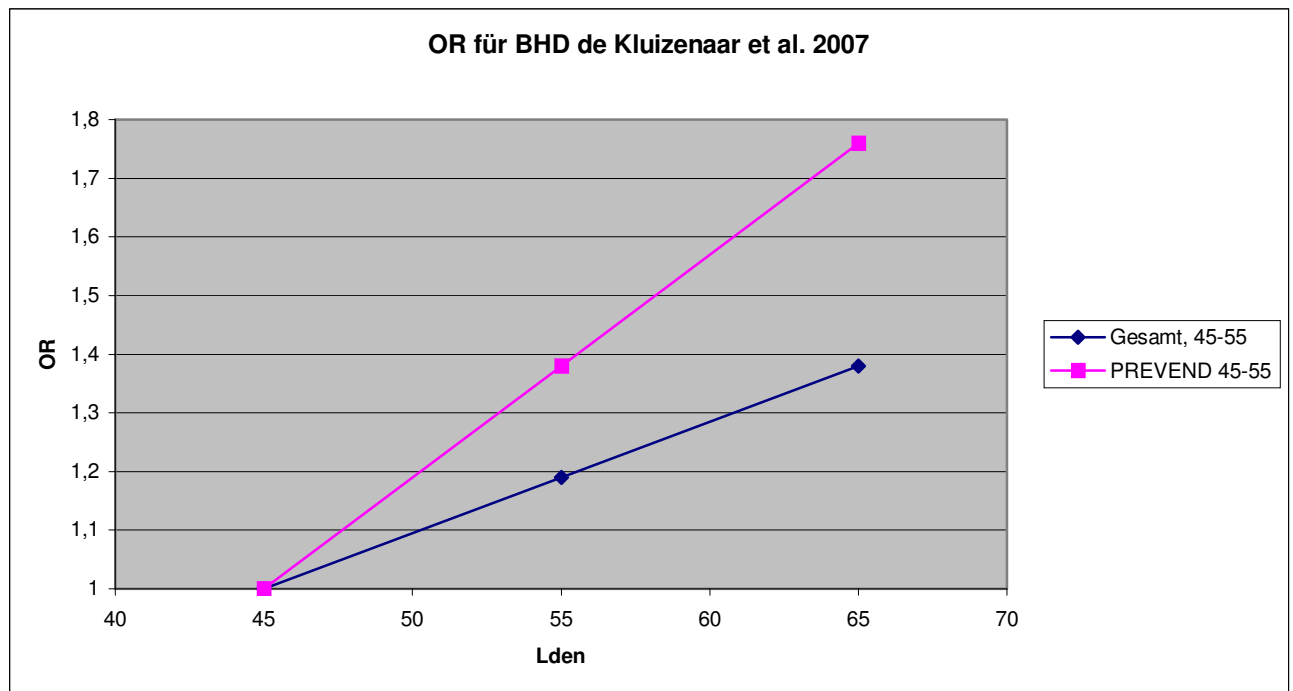
---

<sup>43</sup> Speziell für Kinder liegen sie allerdings für Bronchitis mit 3,7 und SALSA mit 3,5 deutlich höher.

KI = 1,02...1,40) sowie für eine Lärmexposition mit  $L_{den} \geq 45$  dB(A) (OR = 1,31 mit KI = 1,08...1,59) nachgewiesen werden.

Für die PREVENT-Kohorte ergab sich ohne die Berücksichtigung der Confounder ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen einer Erhöhung des  $L_{den}$  um 10 dB und BHD mit OR = 1,35 mit KI = 1,27...1,45; bei der Berücksichtigung der Confounder konnte ein statistisch signifikanter Zusammenhang für die Altersklasse zwischen 45 und 55 (OR = 1,39 mit KI = 1,08...1,77) nachgewiesen werden.

Abbildung 87 OR für BHD, Straße, de Kluizenaar et al. 2007



**Aydin und Kaltenbach 2007**<sup>106</sup> untersuchten die Fluglärmwirkungen auf Probanden in der Nähe des Flughafens Frankfurt / Main. Eine signifikante Erhöhung des morgendlichen systolischen Blutdrucks um 10 mmHG sowie des diastolischen Blutdrucks um 8 mmHG konnte in der „Westgruppe“ gegenüber der „Ostgruppe“ nachgewiesen werden. Die Nachtpegel lagen für die Westgruppe (N = 31) in 75 % der Nächte bei 50 dB(A) und in 25 % bei 40 dB(A); für die Ostgruppe (N = 22) war es umgekehrt. Tags zeigten die Pegel die gleiche Häufigkeitsverteilung, lagen aber um ca. 5 dB höher. Veränderungen in der Lärmbelastung zeigten sich in der Ostgruppe deutlicher als in der Westgruppe in Veränderungen des Blutdrucks. Die Lärmempfindlichkeit in der Westgruppe lag bei 65 % gegenüber 36 % in der Ostgruppe.

Die Auswirkungen des Fluglärms auf die Ausbildung von Bluthochdruck (BHD) untersuchten **Eriksson et al. 2007**<sup>107</sup> in der Umgebung des Stockholmer Flughafens. Zwischen 1992-1994 und 2002-2004 wurden 2.037 männlicher Teilnehmer eines Diabetes-Präventionsprogramms untersucht. Die Inzidenz von BHD innerhalb dieses Zeitraums wurde mittels Fragebogen (diagnostizierter Bluthochdruck) oder Blutdruckmessungen ermittelt ( $\geq 140$  mm Hg systolisch,  $\geq 90$  mm Hg diastolisch). Die Lärmexposition wurde auf der Grundlage der Flugbewegungsdaten

1997 berechnet und als  $L_{Aeq,24h}$  und  $L_{Amax}$  dargestellt. Für den  $L_{Aeq,24h}$  erfolgte eine Berücksichtigung der Abendzeit (19.00 bis 22.00 Uhr) durch einen Zuschlag von 3 dB und der Nachtzeit (22.00 bis 06.00 Uhr) von 10 dB. Die Exposition wurde in 5 dB-Intervallen zwischen 50 und 65 dB(A) ermittelt und den Adressen der Probanden zugeordnet. Probanden, die weniger als 50 dB(A) ausgesetzt waren, bildeten die Kontrollgruppe ( $n = 1.616$ ). Die Lärmbelastung durch andere Verkehrslärmquellen wurde anhand der Häufigkeit des Auftretens bewertet.

Nach Berücksichtigung der Einflussfaktoren Alter und BMI ergab sich ein erhöhtes relatives Risiko (RR) von 1,19 (1,03-1,37) bei einer Exposition von mehr als 50 dB(A)<sup>44</sup>; bei einer Pegelerhöhung um 5 dB nahm das RR jeweils um 10 % zu. Wurden Probanden ausgeschlossen, die vor der Untersuchung geraucht hatten, lag das RR mit 1,29 (1,11-1,50) höher. In der Abbildung 88 ist die Zunahme des RR mit dem Dauerschallpegel dargestellt.

Abbildung 88 RR für BHD, Flug, Eriksson et al. 2007

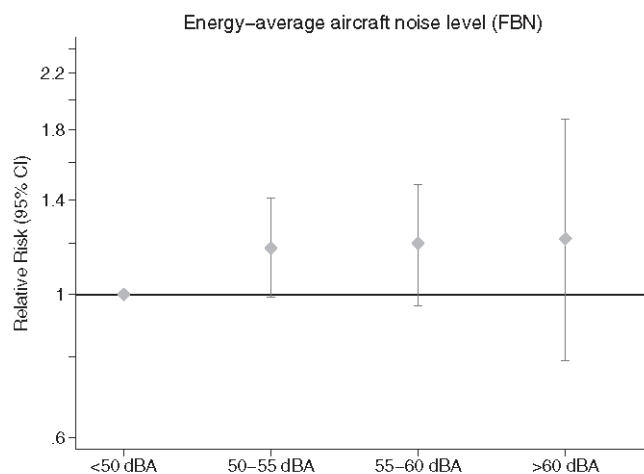


FIGURE 1. Relative risk for hypertension among men in Stockholm according to different levels of energy-averaged aircraft noise exposure (bars indicating 95% CI), adjusted for age and BMI.

Den Einfluss von Straßenverkehrslärm auf den BHD untersuchten **Bluhm et al. 2007**<sup>108</sup> in einer Stadt 15 km nördlich von Stockholm. 667 Personen nahmen an der Studie teil. Die Lärmbelastung ( $L_{Aeq,24h}$  in 5-dB(A)-Schritten) wurde durch Berechnungen oder anhand von Fachwissen abschätzend erfasst. Da in den oberen Pegelklassen wenig Betroffene zu verzeichnen waren, wurden die Klassen von 60-65 dB(A) und > 65 dB(A) mit den Betroffenen der Pegelklasse 55-60 dB(A) zusammengefasst. Es wurde eine Erhöhung des OR auf 1,38 (1,06-1,80) bei einer Pegelzunahme um 5 dB(A) gefunden. Ein erhöhtes OR für die Ausbildung von BHD wurde bereits ab 45 dB(A) festgestellt (s. Tabelle 8). Es erfolgte eine Berücksichtigung des Einflusses von Alter, Art der Wohnung, Art der Beschäftigung, Rauchverhalten.

<sup>44</sup> Maximalpegel größer 70 dB(A) führten zu einer Erhöhung des relativen Risikos auf 1,20 (1,11-1,50).

Tabelle 8 OR für BHD, Bluhm et al. 2007

**Table 3** Association between exposure to road traffic noise and hypertension (n = 608)

	n	Number with hypertension (%)	OR (95% CI)*
Continuous (per 5 dB(A) increase)			1.38 (1.06 to 1.80)
Category (dB(A))			
≤ 45	115	6 (5)	1.00 (reference)
45–50	105	13 (12)	1.74 (0.60 to 5.01)
50–55	281	39 (14)	2.07 (0.82 to 5.24)
> 55	107	22 (21)	3.47 (1.27 to 9.43)

Adjusted for age, type of residence, occupational status, smoking status and number of cigarettes.

Wenn insbesondere die Wohnungsbedingungen nicht optimal waren (Zweifachverglasung statt Dreifachverglasung, altes Gebäude, kein Zugang zu einer ruhigen Fassade) betrug die Erhöhung des OR 2,47 (1,38-4,43) bei einer Pegelzunahme um 5 dB(A).

Im Rahmen der HYENA-Studie (Hypertension and Exposure to Noise near Airports) **Jarup et al. 2008**<sup>109</sup> wurden über einen Zeitraum von mindestens fünf Jahren die Auswirkungen des Fluglärms, aber auch des Straßenverkehrslärms in der Umgebung der Flughäfen London Heathrow, Berlin Tegel, Amsterdam Schiphol, Stockholm Arlanda, Mailand Malpensa und Athens Elephterios Venizelos auf die dort wohnende Bevölkerung untersucht. Die Expositionen wurden berechnet (für die Straße  $L_{Aeq,24h}$ , für Fluglärm  $L_{night}$  und  $L_{day}$ ). Als Confounder wurden bspw. Geschlecht, Alter, Herkunftsland, BMI berücksichtigt.

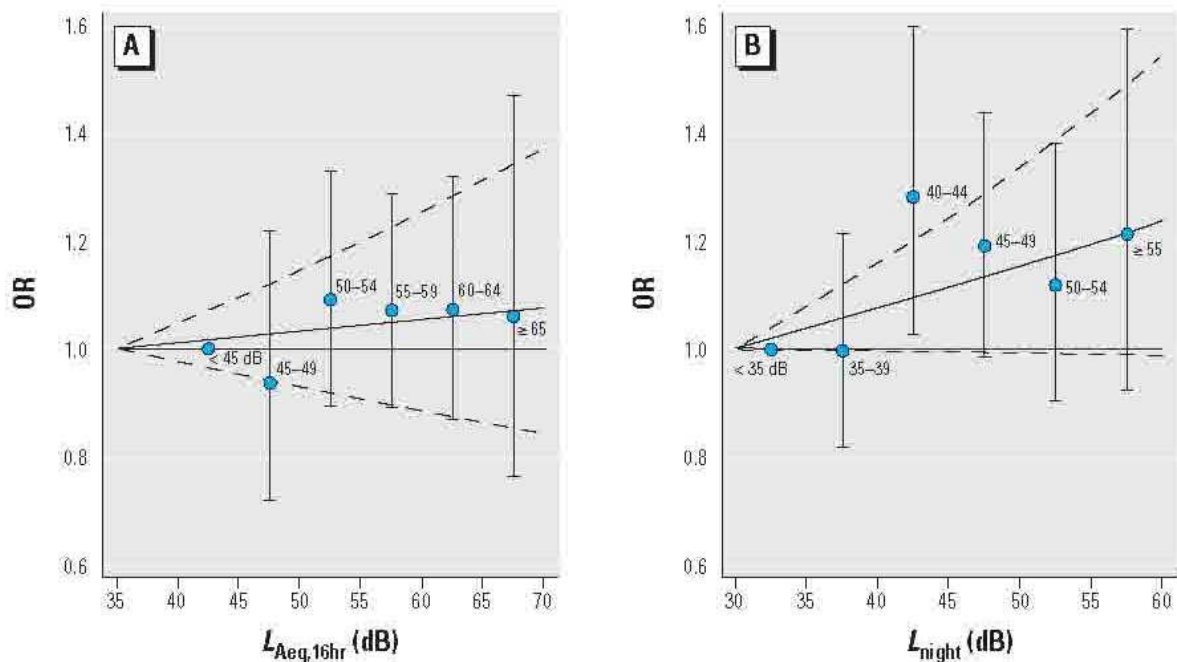
In der Tabelle 9 sind die OR für BHD bei Pegelerhöhung um 10 dB mit dem 95 % - igen Konfidenzintervall und der statistischen Irrtumswahrscheinlichkeit p angegeben. Die Werte für Straßenverkehrslärm und Fluglärm unterscheiden sich nicht signifikant.

Tabelle 9 OR für BHD, Jarup et al. 2008

Lärmart	OR	p
Straße, $L_{Aeq, 24h}$	0,928 (0,829-1,038)	0,190
Flug $L_{night}$	1,141 (1,012-1,286)	0,031
Flug $L_{day}$	1,097 (1,003-1,201)	0,044

Die Abbildung 89 zeigt die OR für den Fluglärm in Abhängigkeit von  $L_{night}$  bzw.  $L_{day}$ . Insbesondere für die Nachtbelastung zeigt sich der pegelabhängige Anstieg des OR. Ein Unterschied zwischen den Reaktionen von Männern und Frauen wurde nicht gefunden.

Abbildung 89 OR für BHD, Flug, Jarup et al. 2008

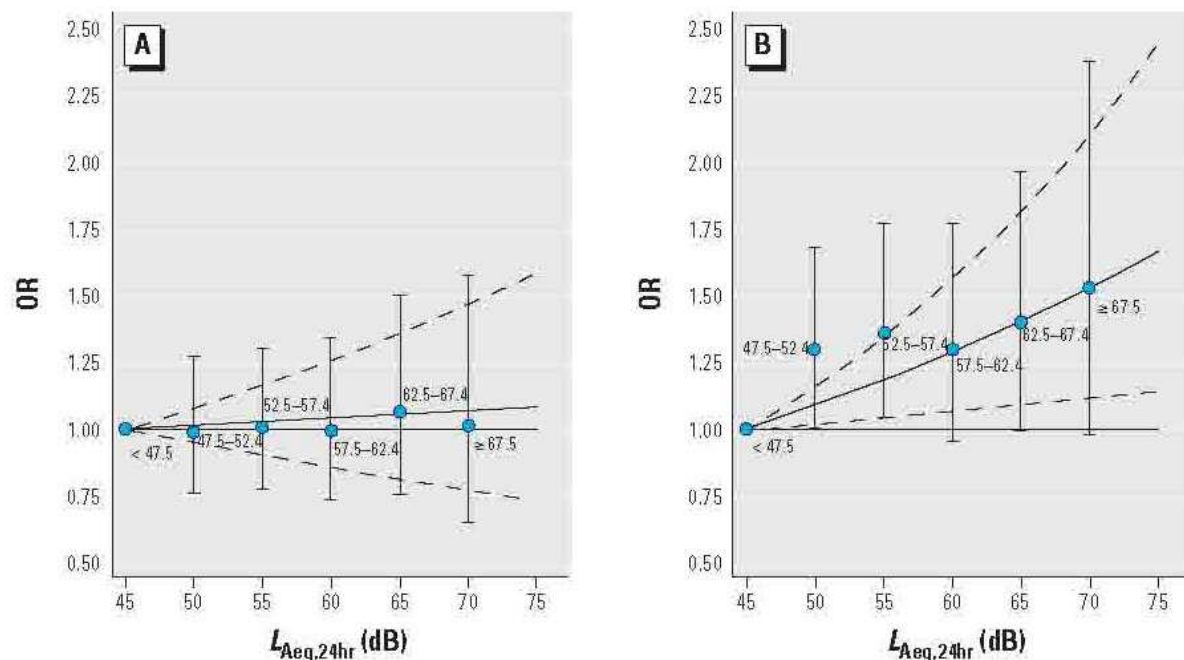


**Figure 1.** ORs of hypertension in relation to aircraft noise (5-dB categories).  $L_{Aeq,16hr}$  (A) and  $L_{night}$  (B) separately included in the model. Adjusted for country, age, sex, BMI, alcohol intake, education, and exercise. The error bars denote 95% CIs for the categorical (5-dB) analysis. The unbroken and broken curves show the ORs and corresponding 95% CIs for the continuous analysis.

Dieses stellt sich für Straßenverkehrslärm anders da (siehe Abbildung 90): Hier ist ein statistisch signifikanter Trend für die Zunahme des Risikos für BHD ab ca. 60 dB(A) für Männer festzustellen, jedoch nicht für Frauen.



Abbildung 90 OR für BHD Flug, Jarup et al. 2008



**Figure 2.** ORs of hypertension in women (A) and men (B) in relation to road traffic noise ( $L_{Aeq,24hr}$ , 5-dB categories) separately included in the model. Adjusted for country, age, BMI, alcohol intake, education, and exercise. The error bars denote 95% CIs for the categorical (5-dB) analysis. The unbroken and broken curves show the ORs and corresponding 95% CIs for the continuous analysis.

Mit einer Untergruppe von 140 Probanden der HYENA-Studie wurden durch **Haralabidis et al. 2008**<sup>110</sup> vor Ort (d.h. im Schlafzimmer des Probanden) Pegel- und Blutdruckmessungen während der Nachtzeit durchgeführt. Als Lärmquellen wurden Straßenverkehr, Flugereignis sowie Geräusche innen und außen betrachtet, die einen Maximalpegel (innen) von mehr als 35 dB(A) aufwiesen. Eine Erhöhung des systolischen Blutdrucks um 6,20 mm Hg (0,63-11,77) und des diastolischen Blutdrucks um 7,39 mm Hg (3,09-11,69), hervorgerufen durch Überflugeignisse, konnten nachgewiesen werden.

**Fyhri und Klæboe 2009**<sup>111</sup> untersuchen auf der Basis von zwei 1987 bzw. 1996 in Oslo durchgeführten Studien mit 1.842 Teilnehmern, ob es einen Zusammenhang von Straßenverkehrslärmexposition und Lärmbelästigung auf den Gesundheitszustand (allgemeine Beschwerden, Bluthochdruck, Herzprobleme) gibt. Die Lärmexposition wird dabei durch Berechnungen an der am stärksten belasteten Fassade ermittelt. Anstelle der multiplen Regression wird das sog. SEM (Structural Equation Model) in Verbindung mit einer Pfadanalyse verwendet.

Damit kann weder ein direkter signifikanter Zusammenhang zwischen der Lärmbelästigung und den allgemeinen Gesundheitsbeschwerden, noch zwischen Lärmexposition / Lärmbelästigung und Bluthochdruck und Herzbeschwerden hergestellt werden. Die Korrelation jedoch zwischen Lärmempfindlichkeit und gesundheitlichen Problemen war viel stärker als zwischen der Belästigung und gesundheitlichen Problemen, was auf einen anderen als den bisher angenommenen

Wirkungszusammenhang zwischen dem Lärm und seinen Auswirkungen hindeutet. Die Notwendigkeit, die Lärmempfindlichkeit als eine wesentliche Variable in den Wirkungszusammenhängen zu betrachten, wird betont.

### 5.3 Medikamentengebrauch

**Franssen et al. 2004**<sup>112</sup> untersuchen in einer Feldstudie (11.812 Teilnehmer) die Auswirkungen des Fluglärms des Flughafens Schiphol auf den selbst eingeschätzten Gesundheitszustand sowie den durch die Befragten angegebenen Medikamentengebrauch. Es zeigte sich, dass bei einer Erhöhung des  $L_{den}$  um 10 dB(A) (ab 50 dB(A)) das Odds Ratio für die Einnahme von Medikamenten gegen Bluthochdruck sowie Herzkrankheiten auf 1,30 (1,06-1,60) ansteigt (OR ( $L_{den} = 50$  dB(A)) = 1, OR ( $L_{den} = 50 - 55$  dB(A)) = 1,18, OR ( $L_{den} = 55 - 60$  dB(A)) = 1,26, OR ( $L_{den} \geq 60$  dB(A)) = 1,22); für die Einnahme von Schlafmitteln auf 1,25 (OR ( $L_{den} = 50$  dB(A)) = 1, OR ( $L_{den} = 50 - 55$  dB(A)) = 1,15, OR ( $L_{den} = 55 - 60$  dB(A)) = 1,13, OR ( $L_{den} \geq 60$  dB(A)) = 1,52). Allerdings ist das Verfahren der Zuweisung der auf Berechnung beruhenden Pegel zu den Befragten nicht ohne Pauschalisierungen möglich gewesen.

**Babisch 2006**<sup>99</sup> gibt auch Odds Ratios für den Gebrauch von Medikamenten unter Fluglärmeinwirkung an. So wurde in einer Studie bei Probanden in der Umgebung des Amsterdamer Flughafens 1977 ein signifikantes OR = 1,39 (1,12-1,72) bei ca. 65 dB(A) (OR = 1 bei 55 dB(A)) für die Einnahme von Medikamenten gegen kardiovaskuläre Erkrankungen gefunden. In Bonn ergab sich 1980 ein OR = 1,26 (0,79-2,00) bei ca. 70 dB(A) (OR = 1 bei 55 dB(A)) für kardiovaskuläre Medikamente, in Erfurt 1983 ein OR von 5,0 bei ca. 73 dB(A) (OR = 1 bei ca. 63 dB(A)). Für die Einnahme blutdrucksenkender Mittel bei männlichen Probanden wurde in Stockholm ein signifikantes OR = 1,61 (1,15-2,25) bei ca. 63 dB(A) (FBM, schwedischer Berechnungsstandard) (OR = 1 bei 50 dB(A) (FBM)) gefunden.

In den **Night Noise Guidelines der WHO 2007**<sup>87</sup> finden sich weitere Aussagen zum Medikamentengebrauch unter Lärmbelastung. So fanden Bluhm et al. 2004<sup>113</sup> ein signifikant erhöhtes Odds Ratio von 1,6 bei Pegeln (FBM) von > 55 dB(A). Lercher<sup>114</sup> veröffentlichte 1996 die Ergebnisse einer in Österreich durchgeführten Untersuchung; es zeigte sich ein erhöhtes OR von 2,22 (1,13-4,38) für die Einnahme von Schlafmitteln, wenn der Pegel, hervorgerufen durch Straßenverkehrslärm, 55 dB(A) überschritt. Insgesamt ergab sich für die Verschreibung von Medikamenten ein OR von 3,65 (2,13-6,26).

In einer Studie für das Umweltbundesamt untersuchten **Greiser et al. 2007**<sup>115</sup> die Auswirkungen nächtlichen Fluglärms des Flughafens Köln-Bonn auf die Medikamentenverordnung. Daten von mehr als 809.000 Versicherten (42 % der Gesamtbevölkerung des Gebietes) von sieben gesetzlichen Krankenkassen über Verordnungen von Arzneimitteln durch niedergelassene Ärzte wurden betrachtet. Der Fluglärm (äquivalenter Dauerschallpegel für verschiedene Zeitfenster am Tage (06.00-22.00 Uhr) und in der Nacht (22.00-06.00 Uhr, 23.00-01.00 Uhr, 03.00-05.00 Uhr)) wurde auf der Basis von Daten aller Flugbewegungen des Flughafens Köln-Bonn für alle Adressen mit  $L_{Aeq} > 39$  dB(A) im Umfeld des Flughafens berechnet. Straßen- und



Schienenverkehrslärm wurden adressgenau aus dem Lärm-Screening-Projekt NRW übernommen. Als Kontrollgruppe dienten die Personen, die keinerlei Lärm ausgesetzt waren (Pegel < 35 dB(A)). Die Auswertungen erfolgten für verschiedene Gruppen von Arzneimitteln: Bluthochdruckmittel, Herz-Kreislaufmittel, Antidepressiva, Tranquillizer, Schlaf- und Beruhigungsmittel, Arzneimittel zur Behandlung von Erkrankungen der Verdauungsorgane, sonstige Medikamente.

Die Verordnungshäufigkeit von Medikamenten ist insgesamt bei Frauen höher als bei Männern<sup>45</sup>. Insbesondere nächtlicher Fluglärm zwischen 03.00 und 05.00 Uhr hat einen Einfluss auf die Häufigkeit und die Menge der verordneten Medikamente. Die Ergebnisse für die verschiedenen Medikamentengruppen zeigt die Tabelle 10.

Tabelle 10 Zunahme des Medikamentenverbrauchs durch nächtlichen Fluglärm, Greiser et al. 2007

**Tabelle 4. Nächtlicher Fluglärm (3-5 Uhr) nach Median** (adjustiert Variable: Fluglärm (3-5 Uhr), Strassenlärm (22-6 Uhr), Schienenlärm (22-6 Uhr), Sozialhilfe- und Altenheimplatz-Dichte, Alter (Referenz: 80+), Interaktion Fluglärm\*Sozialhilfe, Interaktion Alter\*Fluglärm, Lärmschutz-Möglichkeit (binär))

Geschlecht	Arzneimittelgruppe	dB(A)	Odds Ratio (95% CI)	Chi <sup>2</sup>	p
männlich	Antihypertensiva	40-<46	1.054 (0.961 - 1.156)	1.258	0.262
		46-61	1.242 (1.081 - 1.428)	9.383	0.002
	Cardiaca	40-<46	1.136 (1.001 - 1.289)	3.887	0.049
		46-61	1.267 (1.030 - 1.558)	5.022	0.025
	Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika	40-<46	1.063 (0.879 - 1.286)	0.401	0.527
		46-61	0.956 (0.715 - 1.279)	0.090	0.764
	Antidepressiva	40-<46	1.016 (0.844 - 1.224)	0.029	0.865
		46-61	0.784 (0.586 - 1.050)	2.659	0.103
	Gastro-Intestinalia	40-<46	1.037 (0.946 - 1.138)	0.606	0.436
		46-61	1.021 (0.879 - 1.185)	0.073	0.787
	Antihypertensiva + Cardiaca	40-<46	1.171 (1.017 - 1.350)	4.795	0.029
		46-61	1.435 (1.142 - 1.804)	9.599	0.002
	Antihypertensiva + Cardiaca+ Tranquillizer etc.	40-<46	1.361 (0.958 - 1.934)	2.960	0.085
		46-61	1.090 (0.618 - 1.922)	0.088	0.766
	"Restliche" Arzneimittel (ohne Antihypertensiva, Cardiaca, Tranquillizer, Antidepressiva)	40-<46	1.043 (0.986 - 1.104)	2.166	0.141
		46-61	1.155 (1.056 - 1.263)	9.963	0.002
	Antihypertensiva + Cardiaca+ "Restliche" Arzneimittel	40-<46	1.180 (1.016 - 1.371)	4.701	0.030
		46-61	1.658 (1.289 - 2.131)	15.55	0.000
weiblich	Antihypertensiva	40-<46	1.268 (1.173 - 1.370)	35.96	0.000
		46-61	1.663 (1.480 - 1.867)	73.60	0.000
	Cardiaca	40-<46	1.215 (1.081 - 1.366)	10.61	0.001
		46-61	2.157 (1.794 - 2.594)	66.77	0.000
	Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika	40-<46	1.287 (1.124 - 1.474)	13.30	0.000
		46-61	1.353 (1.095 - 1.670)	7.884	0.005
	Antidepressiva	40-<46	1.252 (1.104 - 1.420)	12.22	0.000
		46-61	1.174 (0.970 - 1.421)	2.700	0.100
	Gastro-Intestinalia	40-<46	1.040 (0.957 - 1.130)	0.864	0.353
		46-61	1.104 (0.971 - 1.256)	2.286	0.131
	Antihypertensiva + Cardiaca	40-<46	1.373 (1.205 - 1.564)	22.65	0.000
		46-61	2.838 (2.307 - 3.491)	97.48	0.000
	Antihypertensiva + Cardiaca+ Tranquillizer etc.	40-<46	1.786 (1.383 - 2.307)	19.74	0.000
		46-61	3.114 (2.020 - 4.801)	26.47	0.000
	"Restliche" Arzneimittel (ohne Antihypertensiva, Cardiaca, Tranquillizer, Antidepressiva)	40-<46	0.987 (0.939 - 1.037)	0.273	0.601
		46-61	1.202 (1.117 - 1.293)	24.41	0.000
	Antihypertensiva + Cardiaca+ "Restliche" Arzneimittel	40-<46	1.348 (1.175 - 1.547)	18.11	0.000
		46-61	3.272 (2.615 - 4.096)	107.2	0.000

<sup>45</sup> Frauen konsultieren in der Regel häufiger einen Arzt und bekommen somit auch häufiger Medikamente verschrieben.

Blutdrucksenkende Arzneimittel wurden für Männer mit stärkerer Lärmbelastung ( $> 46 \text{ dB(A)}$ ) um 24% häufiger verordnet als ohne Lärmbelastung. Bei Frauen lag bereits bei Pegeln ab  $40 \text{ dB(A)}$  eine Erhöhung der Verordnungshäufigkeit um 27 %, bei Pegeln  $> 46 \text{ dB(A)}$  um 66 %, vor.

Die Odds Ratios sind insbesondere bei einer Kombination verschiedener Medikamente (Blutdrucksenker, kardiovaskulär wirksame Arzneimittel und sonstige Arzneimittel), d.h. bei i.a. schwer erkrankten Personen, deutlich erhöht: So betrug die Erhöhung bei Frauen bei geringeren Pegeln 35 %, bei Pegeln  $> 46 \text{ dB(A)}$  227 %; bei Männern fallen die Werte etwas geringer aus (18 % bzw. 66 %).

Die Verordnungshäufigkeit ist für Personen, die nächtlichem Fluglärm zu anderen Zeiten ausgesetzt sind (bspw. von 23.00 bis 01.00 Uhr) geringer.

Über den gesamten Nachtzeitraum (22.00 bis 06.00 Uhr) zeigt sich bei Männern, die Fluglärm ausgesetzt sind, eine Zunahme der Häufigkeit der Verordnung von Blutdrucksenkern um 16 % (OR: 1,162 (1,102-1,226)), bei Frauen um 39 % (OR: 1,394 (1,331-1,461)). Bei kardiovaskulär wirksamen Medikamenten betragen diese Werte 27 % für Männer (OR: 1,268 (1,177-1,365)) bzw. 521 % für Frauen (OR: 1,509 (1,408-1,617)).

Auch für Straßenverkehrslärm konnte eine Zunahme der Verordnungshäufigkeit von Medikamenten bei Lärmeinwirkung nachgewiesen werden. Hier ist der Effekt am Tag stärker ausgeprägt.

## 6 Schlussfolgerungen

### 6.1 Zugrundeliegende Metrik

Viele Autoren (bspw. Ising und Kruppa 2004, UBA Fluglärm 2004) betonen die Rolle der Einzelereignisse und ihrer Maximalpegel für die Störwirkung. Dieses gilt für alle Lärmarten; für Schienenverkehrs- und Fluglärm ist das aufgrund der Ereignisstruktur sofort einleuchtend, aber auch bei Straßenverkehrslärm, insbesondere nachts, treten laute Einzelereignisse bei vorüberfahrenden schweren Lkw deutlich in Erscheinung. Ein Abstellen von Dosis-Wirkungszusammenhängen auf den Äquivalenten Dauerschallpegel allein (bzw. den daraus ableitbaren  $L_{\text{den}}$ ) erscheint nicht gerechtfertigt.

Eine eindeutige Umrechnung des insbesondere in älteren Studien häufig verwendeten (weil gemessenen)  $L_{\text{Aeq}}$  auf den  $L_{\text{den}}$  ist nur bei Kenntnis der Verkehrszusammensetzung möglich. Insbesondere bei Fluglärm mit Nachtflugbeschränkungen können nicht die gleichen Umrechnungen wie für Schienen- oder Straßenverkehrslärm zur Anwendung kommen.

Der Lärminidikator  $L_{\text{den}}$  ist mittlerweile europaweit (insbesondere EU) etabliert; die Begründung, mit der dieses erfolgte, erscheint zumindest fraglich. In außereuropäischen Staaten findet er allerdings weniger Anwendung. Im  $L_{\text{den}}$  werden Tageszeiten, zu denen ebenfalls ein erhöhtes Ruhebedürfnis besteht (12 bis 15 Uhr), nicht berücksichtigt.

## 6.2 Bestimmung der Exposition

Die exakte Bestimmung der Exposition erweist sich, insbesondere bei großen Stichproben, als aufwändig und schwierig. Auch in neueren Studien werden deshalb Vereinfachungen angenommen: So werden bspw. in Franssen et al.<sup>112</sup> für die in der Umgebung des Flughafens Schiphol berechnete Lärmbelastung, da die x-y-Koordinaten der Gebäude der Befragten nicht bekannt sind, die x-y-Koordinaten des geometrischen Zentrums des entsprechenden Postleitzahlbereichs herangezogen. Insbesondere bei den in der Auswertung von Miedema betrachteten älteren Studien dürften die Probleme noch größer sein, weil damals weder leistungsfähige Computer noch Programme zur Verfügung standen, um die Lärmbelastung zu berechnen. Auch wenn dieses heute der Fall ist, unterscheiden sich die einzelnen nationalen Berechnungsmethoden und die Vorgehensweisen in den Studien (unterschiedliche Metriken, z.T. Messungen). Durch die in 2007 erfolgte Strategische Lärmkartierung liegt mittlerweile eine breite, aber, auch infolge der noch unterschiedlichen nationalen Berechnungsmethoden und Datenstrukturen, keine wirklich einheitliche Aussage über die Exposition der Bevölkerung vor.

Einen entscheidenden Einfluss auf die Pegelhöhe außen hat auch die Lage der Wohnung (Stockwerk). Stockwerksgenaue Berechnungen (und Befragungen) wurden i.d.R. nicht durchgeführt.

Für die Bestimmung der Exposition im Inneren sind die Fassaden- und Fensterdämmung, das Fensteröffnungsverhalten und damit auch jahreszeitliche und lokale Unterschiede zu berücksichtigen.

## 6.3 Parameter, die die Belästigung beeinflussen

Nur ca. 15-30 % des Belästigungsurteils ist akustischen Parametern zuzurechnen. Die Rolle von Moderatoren ist entscheidend und mit den bisherigen Ansätzen der Lärmwirkungsforschung noch nicht vollständig verstanden.

Wesentliche Bedeutung kommen dabei der Lärmempfindlichkeit und dem Zugang zu einer ruhigen Fassade zu. Zur Wirkungsrichtung vieler anderer Parameter (bspw. Alter, Geschlecht, Beziehung zur Quelle, Bildungs- und Einkommensstatus, Besitzverhältnis, Erwartungshaltungen, Vertrauen in Behörden, umweltpolitische Einstellung) geben die Studien, wenn sie berücksichtigt wurden, keine einheitlichen Aussagen.

Es scheint Entfernungseffekte zu geben, weiterhin scheint die Sichtbarkeit der Quelle einen Einfluss auf die Belästigung zu haben. Die Belästigung ist kontextabhängig, d.h. sie ist umso höher, je stärker der Fokus auf einen anderen Gegenstand zu legen versucht wird.

## 6.4 Dosis-Wirkungsbeziehungen

Mit der Angabe der von der EU angestrebten Dosis-Wirkungsbeziehungen sollen die wesentlichen Auswirkungen des Lärms gekennzeichnet werden. Die Kurven gelten allerdings nur für

Belästigungen und Schlafstörungen und berücksichtigen keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen: Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass bei Angaben zur Belästigung die gesundheitliche Gefährdung durch die Betroffenen berücksichtigt wurde<sup>46</sup>.

In vielen Studien scheinen sich lineare Dosis-Wirkungsbeziehungen sowohl für die Belästigung, die Schlafstörung als auch gesundheitliche Auswirkungen zu zeigen<sup>47</sup>. Große Unterschiede werden allerdings im Anstieg dieser Funktionen als auch in der Existenz oder Nichtexistenz von Schwellenwerten deutlich. Innerhalb der einzelnen Studien werden oft hochsignifikante Ergebnisse erhalten, die aber im Vergleich mit anderen Studien nicht konsistent sind. Dieses ist möglicherweise auf ein nichteinheitliches Studiendesign in Verbindung mit den o.a. Problemen bei der Bestimmung der Exposition und der Berücksichtigung moderierender Parameter zurückzuführen. Wenn angegeben, differieren die Angaben zu %HA in hohem Maße untereinander und in Bezug auf die von der EU (bzw. Miedema) vorgeschlagenen Kurven.

Insbesondere für die Dosis-Wirkungsbeziehungen zu Belästigung und Schlafstörungen kann aus der vorangegangenen Analyse nicht geschlussfolgert werden, dass dieser durch Studien abgesichert ist. Es erscheint auch zweifelhaft, ob die Etablierung europaweit einheitlicher Dosis-Wirkungsbeziehungen sinnvoll ist, da kulturelle, regionale, saisonale, klimatische, bauliche Unterschiede darin nicht widerspiegelt würden. Allenfalls ließen sich Worst-Case-Kurven angeben, deren Sinnhaftigkeit allerdings zweifelhaft wäre.

Die in der EU-Umgebungslärmrichtlinie geforderten Dosis-Wirkungskurven sollen insbesondere auch zur Vorhersage der Veränderung der Belästigung in der Bevölkerung nach der Durchführung von Lärminderungsmaßnahmen dienen. Dies scheint auf Grund des „Überschusseffekts“ gerade nicht sinnvoll zu sein.

Auch bei der Betrachtung zu den gesundheitlichen Auswirkungen der Lärmbelastung ist festzustellen (bspw. Ising und Kruppa 2004<sup>32</sup>), dass insbesondere bei Pegeln im moderaten Bereich (keine extremen Lärmbelastungen) die gesundheitlichen Auswirkungen des Lärms nicht ausreichend nur durch eine Berücksichtigung der Exposition erfasst werden, sondern durch moderierende Effekte beeinflusst werden.

Es scheint aber Hinweise zu geben, dass ab ca. 45 - 50 dB(A) nachts und 55 - 60 dB(A) tags die gesundheitlichen Risiken für Bluthochdruck und ab ca. 60 – 65 dB(A) für Ischämische Herzkrankheiten ansteigen (linear, Schwellenwerte).

Es ist zweifellos notwendig, die Auswirkungen von Lärm auf die Bevölkerung zu kennen und zu bewerten. Beim momentanen Stand des Wissens erscheint es allerdings ein fragwürdiges Unterfangen, EU-weit einheitliche Dosis-Wirkungskurven festschreiben zu wollen, zumal

---

<sup>46</sup> Das ist i.a. auf den zu geringen Kenntnisstand, Lärmwirkungen betreffend, zurückzuführen; das verdeutlichen bspw. Untersuchungen zur willingness to pay (s.u.).

<sup>47</sup> Würde man neben der Belästigung auch gesundheitliche Risiken berücksichtigen, würden sich ab einem bestimmten Schwellenwert bilineare Funktionen ergeben, wie sie bspw. auch bei der Abschätzung der Lärmkosten betrachtet werden (s.u.).

gesundheitliche Risiken bisher überhaupt nicht berücksichtigt wurden. Es wird deutlich, dass auf dem Gebiet der Dosis-Wirkungszusammenhänge noch erheblicher Forschungsbedarf besteht. Falls künftige Studie(n) durchgeführt werden, sollte es sich dabei jedoch um sehr breite EU-weite Feldstudien mit gleichen Kriterien zur Erfassung der Exposition, der Belästigung und gesundheitlicher Wirkungen sowie moderierender Parameter handeln. Vor Beginn einer solchen Studie sollte klar sein, welches Modell zur Datenauswertung herangezogen werden soll. Ein solches Unterfangen erfordert ein interdisziplinäres Zusammenwirken von Akustikern (Exposition), Soziologen, Psychologen (Fragebogendesign), Schlafwissenschaftlern und Medizinern (gesundheitliche Beeinträchtigungen) sowie Statistikern (Datenauswertung).

## 7 Kostenfunktionen

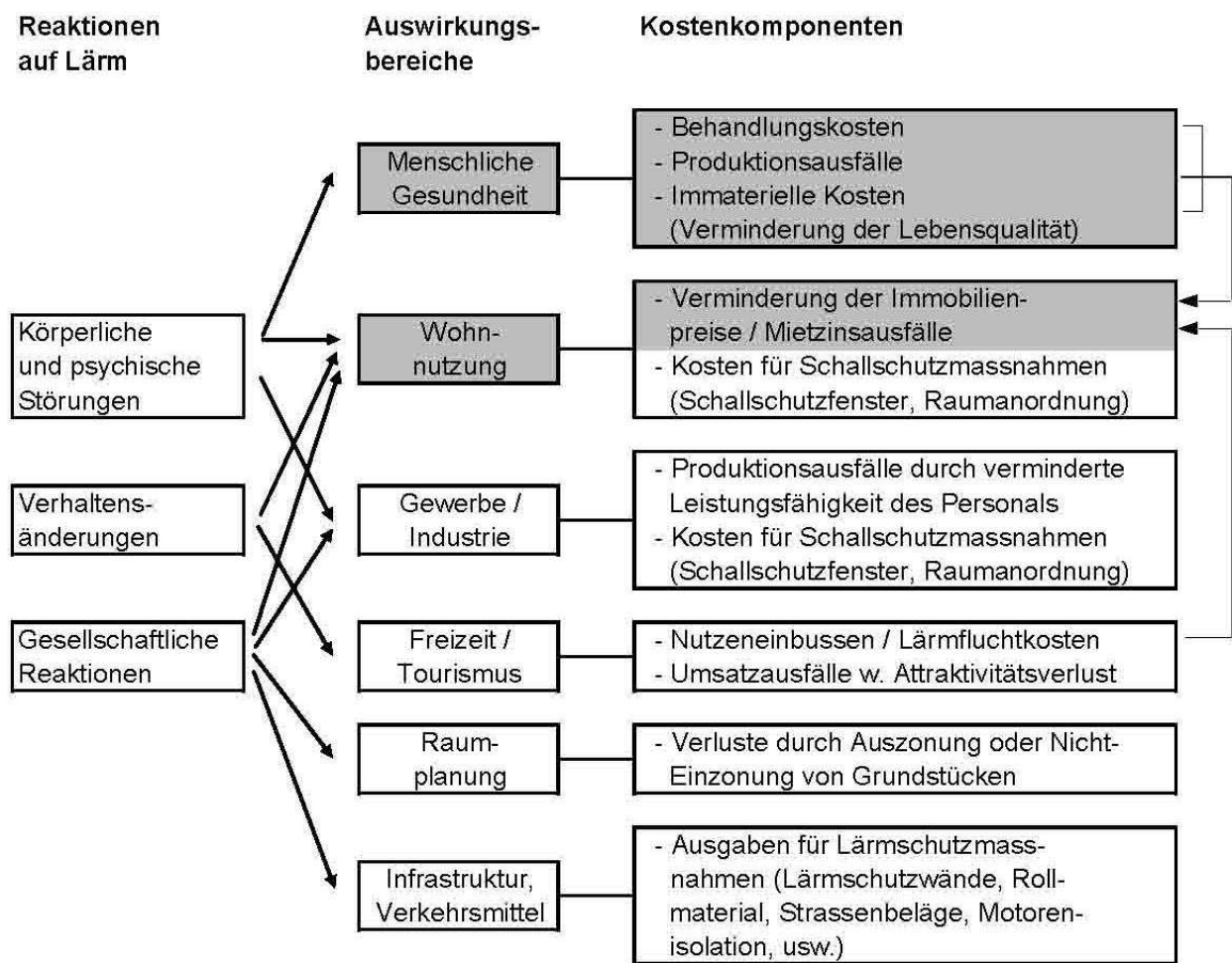
Um im Rahmen von Lärminderungsszenarien die Auswirkungen der Maßnahmen auch ökonomisch bewerten zu können (bspw. durch Kosten-Nutzen-Analysen), wird es als erforderlich angesehen, die mit dem Lärm einhergehenden erheblichen Beeinträchtigungen (Belästigungen, Störungen, gesundheitliche Schädigungen) (monetär) zu bewerten. Ohne näher auf die Bewertungsproblematik einzugehen (s. dazu bspw. Löhr 2008<sup>116</sup>), soll zumindest erwähnt werden, dass eine Monetarisierung des Gutes „Gesundheit“ bzw. seiner Beeinträchtigungen aus ethischen Gesichtspunkten nicht unumstritten ist (s. Kant: „Im Reiche der Zwecke hat alles entweder einen Preis oder eine Würde.“<sup>117</sup>).

In der Abbildung 91 sind Lärmwirkungen und die durch sie hervorgerufenen Kosten dargestellt<sup>48</sup>.

---

<sup>48</sup> Die graue Hinterlegung von Feldern bezieht sich auf Kostenbereiche, die in ARE 2004 monetarisiert wurden.

Abbildung 91 Auswirkungen des Lärms und ausgewählte Kostenbereiche, ARE 2004



Die meisten Untersuchungen zur Monetarisierung der Lärmwirkungen berücksichtigen den Wertverlust von Immobilien und gesundheitliche Auswirkungen (insbesondere Herzinfarkt, Bluthochdruck, Angina pectoris).

Die Gesamtkosten des Lärms werden in der Regel auf der Grundlage von Zahlungsbereitschaften für die Lärmreduktion, Mietzinsausfällen sowie Gesundheitsschädigungen quantifiziert. In den meisten Studien dominieren dabei Zahlungsbereitschaften bzw. Mietzinsausfälle, die i.d.R. über 80 % der gesamten Lärmkosten ausmachen (vgl. Schreyer 2007<sup>118</sup>). Die Zahlungsbereitschaft für eine Reduktion der Lärmbelastung unter einem vorzugebenden Zielpegel wird pro Person und Jahr bestimmt. Sie steigt mit zunehmendem Lärmniveau und variiert je nach Studie erheblich. Für die Mietzinsausfälle werden die Gesamtkosten normalerweise, basierend auf der prozentualen Mietpreisreduktion pro dB(A)<sup>49</sup>, über einem bestimmten minimalen Lärmniveau abgeschätzt. Auch diese Angaben - und damit die Resultate der Lärmkostenberechnung - schwanken je nach Untersuchung beträchtlich (zwischen 0,5 % und über 2 %). Bei den Kosten durch gesundheitliche Schädigungen sind insbesondere die vorzeitigen Todesfälle relevant, für deren Bewertung die sog.

<sup>49</sup> NSDI (Noise Sensitivity Depreciation Index)

VLYL (Value of Life Year Lost, Wert eines verlorenen Lebensjahres) herangezogen werden können; allerdings gibt es hier auch andere Ansätze (s.u.).

Es kann davon ausgegangen werden, dass der Wertverlust von Immobilien bzw. Mietmindereinnahmen infolge der Verlärmung dadurch bedingt sind, dass dem Eigentümer (Käufer) bzw. Mieter die durch den Lärm verursachten Störungen und Belästigungen (insbesondere der Kommunikation und des Schlafes) bewusst sind. M.a.W.: Die Störungs- und Belästigungsreaktionen werden über Immobilienpreisverluste und Mietmindereinnahmen monetarisiert. Eine Doppelzählungen bei der separaten Betrachtungen der o.a. Erkrankungen kann ausgeschlossen werden, da, außer bei „Experten“, diese gesundheitlichen Auswirkungen des Lärms i.a. nicht bekannt sind (s. dazu auch ARE 2004<sup>119</sup>).

## 7.1 Immobilienwertverluste

Die Erfassung von Immobilienwertverlusten kann prinzipiell durch Zahlungsbereitschaftsansätze erfolgen. Dabei werden im wesentlichen zwei Methoden unterschieden:

- Ermittlung der offenbarten Präferenzen (revealed preferences, RP) durch direkte oder indirekte Ableitung aus tatsächlichen, beobachteten Marktinformationen
- Ermittlung von geäußerten Präferenzen (stated preferences, SP) mittels Befragungen.

Die hedonische Preisbildung (hedonic pricing, HP), die in der Vergangenheit sehr häufig zur Bewertung von Verkehrslärm verwendet wurde, zählt zu den Methoden der revealed preferences. Die wichtigste Methode zur Ermittlung der stated preferences ist die Kontingente Bewertung (contingent valuation, CV). Hier werden Probanden durch Schilderung einer möglichen, aber hypothetischen Umweltsituation direkt zu ihrer Zahlungs- oder Akzeptanzbereitschaft für eine betrachtete Änderung derselben befragt.

Auf die Vor- und Nachteile der einzelnen Methoden soll hier nicht eingegangen werden, dieses ist bspw. in Navrud<sup>120</sup>, Schmid 2005<sup>121</sup> oder im ExternE-Projekt 2005<sup>122</sup> zusammenfassend erfolgt. Empirische Studien für die Schweiz zeigen, dass beide Ansätze zu sehr ähnlichen Ergebnissen führen (vgl.<sup>141</sup>).

**Navrud 2002**<sup>120</sup> untersucht in einem Bericht für die Europäische Kommission, welche Studien zur Monetarisierung von Verkehrslärm mit welchen Ergebnissen vorliegen und versucht, die Ergebnisse, die z.T. mit unterschiedlichen Befragungsmethodiken erhoben wurden, anzupassen, um Zahlungsbereitschaften in € pro dB / Haushalt / Jahr angeben zu können. Einen Überblick über die in die Auswertung eingegangenen Studien und die erhaltenen Zahlungsbereitschaften zum Straßenverkehrslärm gibt die Tabelle 10, zum Fluglärm die Tabelle 11. Zum Schienenverkehrslärm lagen nur 2 Studien vor. Als Cut-Off (Schwellenwert) wird 50 dB(A) empfohlen, da bereits bei diesem Wert Belästigungsreaktionen einsetzen, wobei berücksichtigt werden muss, dass die meisten Studien Aussagen zu Zahlungsbereitschaften erst für Pegel > 55 dB(A) machen.

Tabelle 10 Zahlungsbereitschaften, Straße, Navrud 2002<sup>50</sup>

<b>Study (Valuation Method)</b>	<b>Site (Scenario description) / Year of study</b>	<b>WTP /dB/hh/year (Original estimate in national currency in year of study)</b>	<b>WTP /dB/hh/year in euros (in 2001 price level)</b>
Pommerehne 1988 (CV)	Basel, Switzerland (50 % reduction in experienced noise level) / 1988	112 CHF (= 75 CHF/month for 8dB)	99
Soguel 1994a (CV)	Neuchatel, Switzerland (50 % reduction in experienced noise level) / 1993	84 – 100 CHF (= 56-67 CHF/month for 8 dB)	60 - 71
Sælensminde & Hammer 1994, Sælensminde 1999 (CV and CE)	Oslo and Akershus counties, Norway (50 % reduction in experienced noise level) / 1993	281 – 562 NOK (=2250-4500 NOK/year for 8 dB)	47 – 97
Wibe 1995 (CV)	Sweden – national study (Elimination of noise annoyance) / 1995	240 SEK (= 200 SEK/month for 10 dB)	28
Vainio 1995, 2001 (CV)	Helsinki, Finland (Elimination of noise annoyance) / 1993	33 - 48 FIM	6 - 9
Thune-Larsen 1995 (CV and CE)	Oslo and Ullensaker, Norway (50 % reduction in experienced noise level) / 1994	117 NOK (= 78 NOK/month for 8 dB)	19
Navrud 1997 (CV)	Norway – national study (Elimination of noise annoyance) / 1996	11 NOK (= 115 NOK/year for 10 dB)	2
Navrud 2000b (CV)	Oslo, Norway (only hh exposed to > 55 dB) (Elimination of noise annoyance) / 1999	152 – 220 NOK (= 1520 – 2200 NOK / year for 10 db)	23 - 32
Arsenio et al 2000 (CE)	Lisbon, Portugal (Avoiding a doubling of the noise level) /1999	9,480 PTE (= 7900 PTE / month for 10 – 15 dB)	50
Barreiro et al 2000 (CV)	Pamplona, Spain (Elimination of noise annoyance) / 1999	476 ESP (= 4765 ESP / year for 10 db)	2 - 3
Lambert et al 2001 (CV)	Rhones - Alpes Region, France (Elimination of noise annoyance) / 2000	7 euros (= 73 euros /year for 10 dB)	7

Als „Interimbereich“ werden 2 bis 32 € pro Haushalt und Jahr empfohlen.

<sup>50</sup>

CE: Choice Experiments



Tabelle 11 Zahlungsbereitschaften, Flug, Navrud 2002<sup>51</sup>

<b>Study (Valuation Method)</b>	<b>Site (Scenario description) / Year of study</b>	<b>WTP /dB/hh/year (Original estimate in national currency in year of study)</b>	<b>WTP /dB/hh/year in euros (in 2001 price level)</b>
Pommerehne 1988 (CV)	Basel, Switzerland (50 % reduction in experienced noise level) / 1988	48 CHF (= 32 CHF/month for 8dB)	43
Thune-Larsen 1995 (CV and CA)	Residents around Oslo Airport Fornebu, Norway (50 % reduction in experienced noise level) / 1994	NOK 1.092 - 5.520 NOK (=91-460 NOK/month and 104-353 NOK/month for 8 dB; from CV and CE, respectively)	190 - 959
Faburel 2001 (CV)	Residents around the Paris- Orly airport (Elimination of noise annoyance) / 1999	8 euro (84 euro/year for 10 dB)	8

Aufgrund der großen Spannweite der Werte und der geringen Anzahl der Studien wird kein „Interimbereich“ für die Zahlungsbereitschaft angegeben.

In der Arbeit von Navrud wird auch DETR 1999<sup>123</sup> zitiert, hier kommt man auf der Grundlage von 43 Studien zu der Aussage, dass mit einer Pegelerhöhung um 1 dB ein Immobilienwertverlust von 0,08—2,30 % verbunden ist, Bateman 2000<sup>124</sup> beziffert den prozentualen Verlust auf 0,08-2,22 %.

In einem **Position Paper der EU 2003**<sup>125</sup> wird auf die Analyse von Navrud 2002 zurückgegriffen. Aus den Angaben zur Zahlungsbereitschaft in europäischen Studien wird ein Wert von 25 € pro Haushalt und dB und Jahr als ein repräsentativer Interimswert für alle europäischen Länder empfohlen.

## 7.2 Kombinierte Ansätze (Immobilien und Gesundheit)

Für das UNITE-Projekt (UNification of accounts and marginal costs for Transport Efficiency) stellen **Bickel und Schmid 2002**<sup>126</sup> die mit Hilfe eines bottom-up-approaches erhaltenen, marginalen externen Kosten des urbanen Straßen- und Schienenverkehrs für Deutschland zusammen. Die Berechnungen erfolgen auf der Basis der RLS-90 bzw. der Schall 03 unter Berücksichtigung der Zeitbereichsaufteilung in day, evening und night für ein Referenzszenario und ein marginales Szenario mit einer im Vergleich zum Referenzszenario um ein Fahrzeug erhöhten Verkehrsmenge.

Zur Berücksichtigung der gesundheitlichen Effekte wird auf die in de Kluizenaar et al. 2001<sup>81</sup> angegebenen Dosis-Wirkungsbeziehungen zurückgegriffen (vgl. Tabelle 12).

<sup>51</sup> CA: Conjoint Analysis

Tabelle 12 Berücksichtigte gesundheitliche Auswirkungen, Bickel und Schmid 2002 (UNITE)

Category	Measure given	Impacts
Stress related health effects	RR	Hypertension and ischaemic heart disease
Psychosocial effects	AR	Annoyance
Sleep disturbance	AR	Awakenings and subjective sleep quality
RR = relative risk; AR = absolute risk		

Daraus werden für acht unterschiedliche gesundheitliche Schädigungen die zu erwartenden Häufigkeiten des Auftretens pro 1000 Einwohner berechnet (s. Tabelle 13).

Tabelle 13 Häufigkeiten der gesundheitlichen Beeinträchtigungen, Bickel und Schmid 2002 (UNITE)

Endpoint	Expectancy value <sup>a)</sup> (per 1000 adults exposed)
Myocard infarction (MI), fatal, Years of life lost (YOLL)	0.084 L <sub>DEN</sub> – 5.25
Myocard infarction (non-fatal), days in hospital	0.504 L <sub>DEN</sub> – 31.5
Myocard infarction (non-fatal), days absent from work	8.960 L <sub>DEN</sub> - 56
Myocard infarction, expected cases of morbidity	0.028 L <sub>DEN</sub> – 1.75
Angina pectoris, days in hospital	0.168 L <sub>DEN</sub> – 10.5
Angina pectoris, days absent from work	0.684 L <sub>DEN</sub> – 42.75
Angina pectoris, expected no. of morbidity days	0.240 L <sub>DEN</sub> - 15
Hypertension, days in hospital	0.063 L <sub>DEN</sub> – 4.5
Sleep disturbance, road traffic	0.62 ( L <sub>Aeq,23-07h</sub> – 43.2 ) <sup>b)</sup>
Sleep disturbance, rail traffic	0.32 ( L <sub>Aeq,23-07h</sub> – 40.0 ) <sup>c)</sup>
<sup>a)</sup> Threshold is 70 dB(A) L <sub>DEN</sub> except for <sup>b)</sup> 43.2 dB(A) and <sup>c)</sup> 40 dB(A); Other assumptions: MI, 7 years of life lost per fatal heart attack in average; base risk of MI: 0.005; survival probability of MI: 0.7; MI, morbidity: 18 days in hospital per MI, 32 days absent from work; Angina pectoris, base risk: 0.0015; days in hosp.: 14 / severe episode; 20 days of morbidity per episode; L <sub>Aeq,23-07h</sub> as assessed outside at the most exposed façade.	

Die mit den Krankheiten verbundenen Kosten werden direkt ermittelt, die Kosten, die durch die Belästigungsreaktionen bedingt sind, werden über Mietpreisreduktionen (hedonic pricing) erfasst. Dabei wird ein Wert von 16 € pro dB für den mit dem Lärm einhergehenden Diskomfort angesetzt (gründend auf einem NSDI von 0,9 % und einer Nettomiete von 1791 € pro Person und Jahr). Die nachfolgende Tabelle 14 gibt eine Übersicht über die verwendeten Kostenansätze.

Tabelle 14 Kostensätze, Bickel und Schmid 2002 (UNITE)

**Monetary values (factor costs, rounded) for impacts due to noise in Germany (€<sub>1998</sub>)**

Impact	
Myocardial infarction (fatal, 7 YOLL)	
<b>Total per case</b>	<b>564 000</b>
Myocardial infarction (non-fatal, 8 days in hospital, 24 days at home)	
Medical costs	4 700
Absentee costs	3 500
WTP	16 300
<b>Total per case</b>	<b>24 500</b>
Angina pectoris (severe, non-fatal, 5 days in hospital, 15 days at home)	
Medical costs	2 900
Absentee costs	2 200
WTP	10 200
<b>Total per case</b>	<b>15 300</b>
Hypertension (hospital treatment, 6 days in hospital, 12 days at home)	
Medical costs	1 800
Absentee costs	2 000
WTP	600
<b>Total per case</b>	<b>4 400</b>
Medical costs due to sleep disturbance (per year)	210
WTP (per year)	425
WTP for avoiding amenity losses (€/dB/person/year)	16
<i>Source: Own calculations based on Metroeconomica (2001); country-specific valuation based on Nellthorp et al. (2001), WTP for avoiding amenity losses see text</i>	

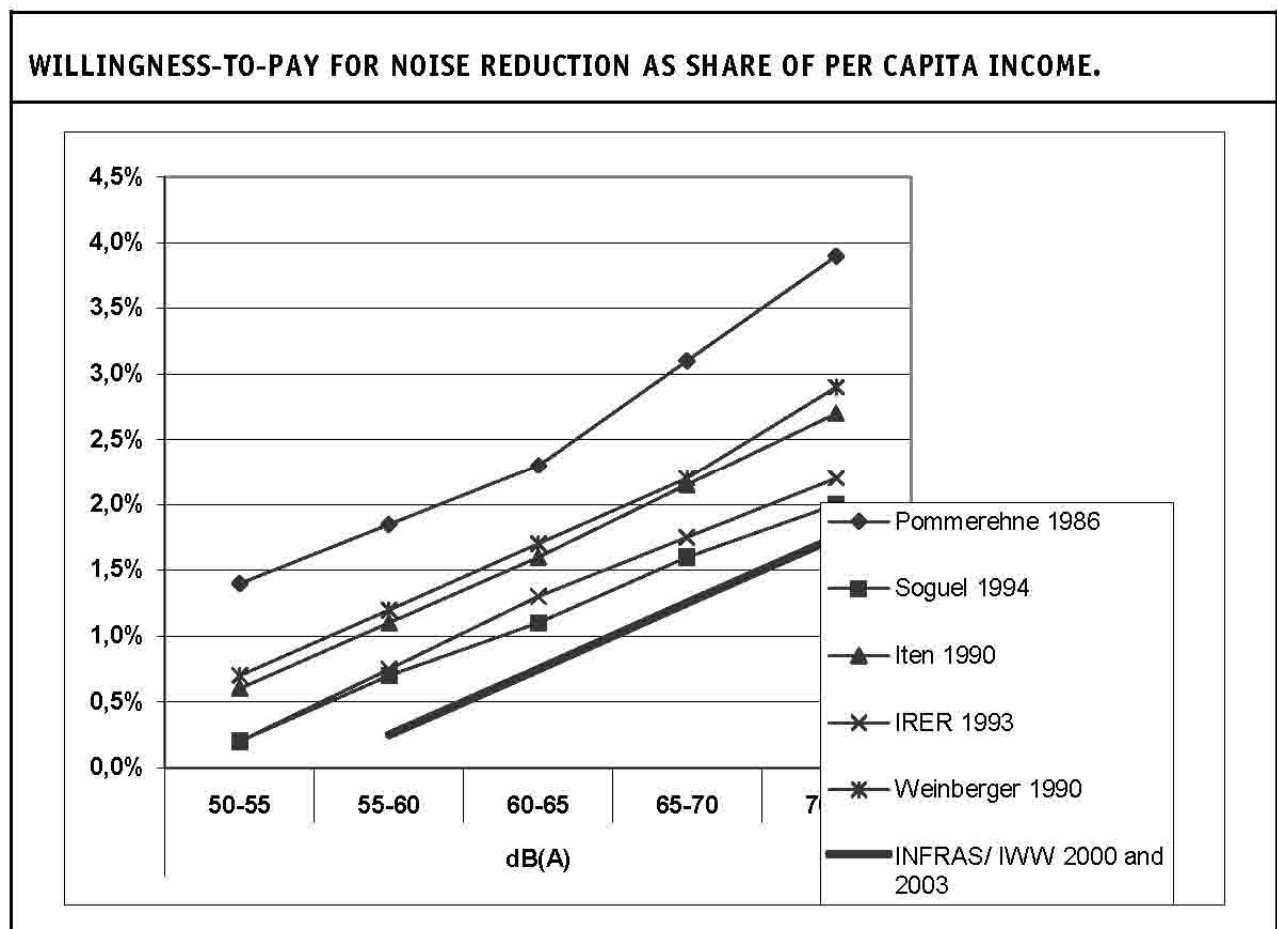
Im Rahmen der Bestimmung der externen Kosten des Transports für Deutschland wird von **INFRAS / IWW 2004**<sup>127</sup> ein linearer Ansatz zur Ermittlung der WTP zur Lärmreduktion in Abhängigkeit vom Pegel (NL, noise level, NL > 55 dB(A)) angegeben:

$$WTP = 21,23 \cdot NL - 1168$$

Gleichung 44

Dieser Zusammenhang ist aus Studien abgeleitet, wobei die Zahlungsbereitschaft an die landesspezifische Zahlungsbereitschaft angepasst wurde. Im Vergleich zu anderen Studien ist die WTP deutlich geringer (vgl. Abbildung 92); es wird auch angegeben, dass bspw. im Rahmen des Bundesverkehrswegeplans der auf Weinberger zurückgehende Ansatz von  $WTP = 25 \cdot NL - 125$  verwendet wird.

Abbildung 92 WTP, Straße, INFRAS / IWW 2004



Unter Berücksichtigung eines Schienenbonus von 5 dB wird der Ansatz gemäß Gleichung 44 auch auf Schienenverkehrslärm übertragbar.

Die gesundheitlichen Auswirkungen des (Straßen-) Verkehrslärms werden durch ein erhöhtes Risiko für Myokardinfarkte von 20 % bei Pegeln im Bereich von 65-70 dB(A) und von 30 % bei Pegeln zwischen 70 und 80 dB(A) angenommen. Die daraus resultierenden Kosten betragen für jede über 65 dB(A) exponierte Person 130 € (medizinische Kosten pro Jahr).

Auch in **INFRAS 2007**<sup>118</sup> werden diese Werte, inflationsbereinigt, beibehalten (vgl. für eine Zusammenfassung die Tabelle 15).

Tabelle 15 Studien zur Erhöhung des Herzinfarkttrisikos, INFRAS 2005

Studie	Gebiet	65 - 70 dB(A)	70 - 75 dB(A)	75 - 80 dB(A)
Babisch et al 1993	Caerphilly, Speedwell	20%	-	-
Babisch et al. 1994	Berlin	-	20 %	70 %
In dieser Studie verwendete Werte		20 %	30 %	30 %

Zurückgreifend auf INFRAS / IWW 2004 werden folgende inflationsbereinigten Zahlungsbereitschaften, nach Verkehrsarten getrennt, verwendet (vgl. die Tabelle 16).

Tabelle 16 Zahlungsbereitschaften, INFRAS 2005

dB(A)	Jahr	55 - 60	60 - 65	65 - 70	70 - 75	>75
Strasse, Luftfahrt	2005	55.7	167.0	278.3	389.6	500.9
Schienenverkehr	2005	0.0	55.7	167.0	278.3	389.6

**Tabelle 41** Zahlungsbereitschaft (in € pro betroffene Person und Jahr) für die Reduktion der Lärmbelästigung unter einen Zielpegel von 55 dB(A). Quelle: Fraunhofer-ISI auf der Basis von INFRAS/IWW (2004)

In der Dissertation von **Schmid 2005**<sup>121</sup> (und im ExterneE-Projekt) werden gesundheitliche Beeinträchtigungen durch Verkehrslärm monetarisiert. Dazu werden aus den relativen Risiken für Myokardinfarkt, Angina pectoris und Bluthochdruck Expositions-Wirkungsbeziehungen aufgestellt. Diese können mittels eines Ansatzes, der Ressourcenkosten für die medizinische Versorgung, Opportunitätskosten und Zahlungsbereitschaften für den individuellen Nutzenverlust berücksichtigt, monetarisiert werden (nach Hunt 2001<sup>128</sup>, UNITE-Projekt, s. Tabelle 14).

Tabelle 17 Monetäre Werte für Gesundheitseffekte, Schmid 2005

Endpunkt	Wert	€ <sub>2000</sub>
Herzinfarkt (MI), tödlich, 7 Jahre Lebenszeitverlust	96.500	€ pro verlorenes Lebensjahr
Herzinfarkt (nicht tödlich), Krankenhauskosten	680	€ pro Krankenhaustag
Herzinfarkt (nicht tödlich), Arbeitsausfall	100	€ pro Krankentag
Herzinfarkt, Zahlungsbereitschaft zur Vermeidung der Krankheit	14.360	€ pro Fall
Angina pectoris, Krankenhauskosten	680	€ pro Krankenhaustag
Angina pectoris, Arbeitsausfall	100	€ pro Krankentag
Angina pectoris, Zahlungsbereitschaft zur Vermeidung der Krankheit	230	€ pro Tag
Bluthochdruck, Krankenhauskosten	350	€ pro Tag

Im Rahmen des **ExterneE-Projekts 2005**<sup>122</sup> werden auf der Grundlage vorhandener Studien Angaben zu Zahlungsbereitschaften gemacht. Für Straßenverkehrslärm werden Werte des NSDI zwischen 0,08 und 2,22 % (nach Bateman et al. 2000), sowie mit einer Studie in Paris ermittelte

0,20-0,33 % angegeben. Der „mittlere“ Wert sollte etwas unter dem arithmetischen Mittelwert von ~0,55 % liegen. Aus SP-Studien wird eine Zahlungsbereitschaft von 1-27 € pro Haushalt und Jahr abgeleitet<sup>52</sup>. Für Fluglärm liegt nach Bateman der NSDI zwischen 0,29 und 2,3 %.

Im Rahmen des HEATCO-Projekts führten **Navrud et al. 2006**<sup>129</sup> in sechs europäischen Ländern (Deutschland, Norwegen, Spanien, Ungarn, Schweden und Großbritannien) CV-Befragungen zur Erhebung der WTP für Lärmreduktion für Straßen- und Schienenverkehrslärm sowie für Fluglärm (nur in Ungarn) durch. Insgesamt wurden etwa 5.500 Personen<sup>53</sup> befragt. Die jährliche Zahlungsbereitschaft (über einen Zeitraum von 5 Jahren) für die vollständige Beseitigung des Lärms wurde für die 5 Belästigungskategorien „not annoyed“, „slightly annoyed“, „moderately annoyed“, „very annoyed“ und „extremely annoyed“ erhoben. Die WTP für Straßen- und Schienenverkehr unterscheiden sich deutlich (höhere WTP zur Reduktion von Straßenverkehrslärm); sie sind in den nachfolgenden Tabellen 18 und 19 zusammengestellt.

Tabelle 18 Zahlungsbereitschaften HEATCO, Straße, Navrud et al.2006

**Table 1.1. Mean WTP per person per year to eliminate road noise annoyance at each noise annoyance level, and separate for urban and rural locations; pooled/averaged over all six countries.**

<b>Annoyance level</b>	<b>Mean WTP per person per year (PPP-converted 2005-euro)</b>
Not annoyed	8.12
Slightly annoyed	37.08
Moderately annoyed	84.93
Very annoyed	84.30
Extremely annoyed	80.51
<b>Urban-Rural</b>	
Urban – all annoyance levels	48.21
Rural – all annoyance levels	48.80
Total number of observations (excluding protest zero responses)	2709

<sup>52</sup> Dabei werden Studien vor 1995 nicht berücksichtigt.

<sup>53</sup> Die Zahl von Personen, die eine positive WTP (> 0) angab, ist allerdings erheblich geringer.

Tabelle 19 Zahlungsbereitschaften HEATCO, Schiene, Navrud et al.2006

**Table 1.2. Mean WTP per person per year to eliminate rail noise annoyance at each noise annoyance level, and separate for urban and rural areas; pooled/averaged over five countries**

<b>Annoyance level</b>	<b>Mean WTP per person per year (PPP-converted 2005-euro)</b>
Not annoyed	15.08
Slightly annoyed	38.20
Moderately annoyed	59.17
Very annoyed	49.58
Extremely annoyed	68.28
<b>Urban-Rural</b>	
Urban – all annoyance levels	46.35
Rural – all annoyance levels	32.01
Total number of observations (excluding protest zero reponses)	1519

Da sich die Zahlungsbereitschaften in den 3 oberen Belästigungskategorien nicht wesentlich unterscheiden, wird empfohlen, diese zusammenzufassen (s. Tabellen 20 und 21), das führt zu gleichen Werten für die Belästigungskategorien „annoyed“ und „highly annoyed“ und wird zum einen mit der geringen Datenanzahl in diesen Belästigungsbereichen begründet, zum anderen ist davon auszugehen, dass vor allem Menschen mit geringem Einkommen - und damit auch geringen Zahlungsbereitschaften - in stark verlärmten Gegenden wohnen.

Tabelle 20 Empfohlene Zahlungsbereitschaften HEATCO, Straße, Navrud et al.2006

**Table 1.5. Recommended values for annoyance categories for road (2005-€ pr. annoyed person pr. year)**

<b>Annoyance category</b>	<b>European values (2005-€ pr. annoyed person pr. year)</b>
Highly annoyed	85 €
Annoyed	85 €
Little annoyed	37 €
Not annoyed	0 €

Tabelle 21 Empfohlene Zahlungsbereitschaften HEATCO, Schiene, Navrud et al.2006

**Table 1.6. Recommended values for annoyance categories for rail (2005-€ pr. annoyed person pr. year)**

<b>Annoyance category</b>	<b>European values (2005-€ pr. annoyed person pr. year)</b>
Highly annoyed	59 €
Annoyed	59 €
Little annoyed	38 €
Not annoyed	0 €

Die Ergebnisse dieser Studie sind mit jenen von Navrud 2002 angegebenen aufgrund der unterschiedlichen Befragungstechniken und Ziele (WTP pro Jahr vs. WTP pro dB pro Haushalt und Jahr) nicht direkt vergleichbar. Die hier erhaltenen Werte für Straßenverkehrslärm liegen im Bereich der von Lambert et al. 2001<sup>130</sup> erhobenen WTP; sie sind in Ländern mit hohen Einkommen (Schweden, Norwegen) höher als in Ländern mit geringeren Einkommen.

In einer Studie zur Anwendung der Methodenkonvention des Umweltbundesamtes werden durch **Maibach et al. 2007a**<sup>131</sup> Lärmkosten pro belasteten Bürger für Straßenverkehrs-, Schienenverkehrs- und Fluglärm angegeben (vgl. Tabelle 22) und den in anderen Studien und Regelwerken aufgeführten Werten gegenübergestellt (vgl. Tabelle 23).

Tabelle 22 Lärmkosten pro Belasteten, Maibach et al. 2007a

Lärm	€ je exponierter Person <sup>32</sup> und Jahr		
L <sub>eq</sub> [dB(A)]	Straße	Schiene	Flugverkehr
> 45	30	0	30
> 50	90	30	90
> 55	140	90	140
> 60	200	140	200
> 65	260	200	260
> 70	370	260	370
> 75	460	370	460
Quelle: IER (siehe Anhang)			

Tabelle 4 Lärmkosten durch Verkehr in Deutschland. Die Qualität kann als mittel bezeichnet werden.

Tabelle 23 Vergleich von Lärmkosten pro Belasteten, Straße, Maibach et al. 2007a

€/expo- nierte Person	Deutschland EWS 1997		Deutschland Standardisierte Bewertung 2001		Österreich RVS 2.22 2003		Deutsch- land BVWP 2003	INFRAS/ IWW 2000	IER 2006
dB(A)	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	T+N	T+N	T+N
> 40		51		63		52	64		
> 45		72		89		74	91		30
> 50	51	102	63	126	52	105	128		90
> 55	72	145	89	178	74	148	182	47	140
> 60	102	205	126	252	105	209	257	142	200
> 65	145	289	178	357	148	296	363	236	260
> 70	205	409	252	504	209	419	514	331	370
> 75	289	579	357	713	296	592	727	425	460

Tabelle 12 Kosten je betroffenem Einwohner für Straßen- und Luftverkehr.

Die Ansätze differieren z.T. erheblich, sowohl in der Höhe der Werte, der Wahl der Schwellenwerte als auch in der Berücksichtigung der Lärmbelastung tags und nachts. So liefert die standardisierte



Bewertung für > 70 dB(A) (tags) mit 504 € einen etwa um den Faktor 1,5 höheren Wert als INFRAS / IWW.

In **Maibach et al. 2007b**<sup>132</sup> wird eine WTP von 0,09-0,11 % des Einkommens angeführt (nach Aussage von Maibach et al. in Übereinstimmung mit Navrud 2002). Der Wert eines verlorenen Lebensjahres (VOLYL) wird mit 50.000-75.000 € angegeben. Dies korrespondiert mit dem Wert eines menschlichen Lebens (VOL) von 1.000.000 €. Zurückgreifend auf UNITE (fußend auf ExternE) werden die in der nachfolgenden Tabelle 24 dargestellten medizinischen Kosten aufgeführt, die Behandlungs- und Vermeidungskosten berücksichtigen.

Tabelle 24 Monetäre Werte für Gesundheitseffekte, Maibach et al. 2007b

Monetary values for impacts due to noise (€<sub>2000</sub>)

Myocardial infarction (non-fatal, 8 days in hospital, 24 days at home)	
Medical costs	4,700
Absentee costs	2,800
WTP	15,000
<b>Total per case</b>	<b>22,500</b>
Angina Pectoris (severe, non-fatal, 5 days in hospital, 15 days at home)	
Medical costs	2,950
Absentee costs	1,750
WTP	9,400
<b>Total per case</b>	<b>14,100</b>
Hypertension (hospital treatment, 6 days in hospital, 12 days at home)	
Medical costs	1,800
Absentee costs	1,575
WTP	550
<b>Total per case</b>	<b>3,925</b>
Medical costs due to sleep disturbances (per year)	200

Note: Corrected for GDP per capita development by CE Delft (GDP per capita in PPP consumer price index from <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>).

Schließlich werden auch hier Lärmkosten, mit einer Auflösung von 1 dB, pro belasteten Bürger für Straßenverkehrs-, Schienenverkehrs- und Fluglärm angegeben (vgl. Tabelle 25). Obwohl die Studien vom selben Erstautor und aus dem gleichen Jahr stammen, differieren die Werte erheblich.

Tabelle 25 Lärmkosten pro Belasteten, Maibach et al. 2007b

Noise costs for Germany per person exposed per year (in €2002)

Lden (dB(A))	Road	Rail	Aviation
≥ 51	9	0	14
≥ 52	18	0	27
≥ 53	26	0	41
≥ 54	35	0	54
≥ 55	44	0	68
≥ 56	53	9	82
≥ 57	61	18	95
≥ 58	70	26	109
≥ 59	79	35	122
≥ 60	88	44	136
≥ 61	96	53	149
≥ 62	105	61	163
≥ 63	114	70	177
≥ 64	123	79	190
≥ 65	132	88	204
≥ 66	140	96	217
≥ 67	149	105	231
≥ 68	158	114	245
≥ 69	167	123	258
≥ 70	175	132	272
≥ 71	233	189	334
≥ 72	247	204	354
≥ 73	262	218	373
≥ 74	277	233	393
≥ 75	291	248	412
≥ 76	306	262	432
≥ 77	321	277	451
≥ 78	335	292	471
≥ 79	350	306	490
≥ 80	365	321	509
≥ 81	379	336	529

Source: HEATCO (2006a)

Weiterhin werden auch marginale Kosten für verschiedene Verkehrsträgertypen (€ ct pro Fahrzeug-km) angegeben. Auf das damit verbundene Konzept (marginale Kosten, bottom-up-approach) wird unten näher eingegangen.

### 7.3 Weinberger

In einem Bericht für das Umweltbundesamt geben **Weinberger et al. 1991**<sup>133</sup> die Kosten des Lärms für die Bundesrepublik an. Hierbei werden neben Straßenverkehrs-, Schienenverkehrs- und Fluglärm auch Gewerbelärm und Lärm am Arbeitsplatz berücksichtigt.

Für Straßenverkehrs- sowie Fluglärm wurden Angaben zu den Kosten durch lärmbedingte Herz-Kreislaufkrankungen gemacht. Dazu wurde zunächst ein Mengengerüst in Form einer Schadensfunktion aufgestellt, die dann mittels geeigneter Bewertungsverfahren monetarisiert wurde. Eingang gefunden haben dabei die Behandlungskosten (ambulant, stationär, Arzneimittel) sowie die Ressourcenausfallkosten (Mortalität und vorübergehende oder dauerhafte Morbidität).

Mit Hilfe von Zahlungsbereitschaftsanalysen wurde der lärmbedingte Wertverlust von Immobilien ermittelt, um damit auch immaterielle Schäden, wie die Belästigungs- und Störfunktion des Lärms zu erfassen. Dabei werden für Straßenverkehrslärm die Werte von zwei europäischen Studien für den prozentualen Rückgang der Immobilienpreise pro dB<sup>54</sup> von 0,5 % (Borjans 1983) sowie 1,26 % (Pommerehne 1986) und für Fluglärm von 0,3 % und 1,2 % (nichteuropäische Studien) zugrunde gelegt.

Durch eine eigene Befragung wurde die monetäre Wertschätzung für Ruhe erhoben werden. Es wurde ein linearer Zusammenhang zwischen Zahlungsbereitschaft (in DM) und Tagesmittelungspegel L für Straßenverkehrslärm angegeben:

$$ZB(L) = 1,97 \cdot L - 82,56$$

Gleichung 45

Die marginale Zahlungsbereitschaft pro Monat für die Verbesserung der Lärmsituation um 1 dB betrug damit 1,97 DM<sup>55</sup>.

Es werden auch Kostensätze für Herz-Kreislauferkrankungen angegeben. Auf deren Wiedergabe sei hier verzichtet, da die Daten keine Aktualität mehr haben (1987) und unten nochmals auf das Verfahren von Weinberger zurückgegriffen wird, wobei aktuelle Daten zugrunde gelegt werden.

#### 7.4 Kosten des Lärm entsprechend Bundesverkehrswegeplan, EWS-97 und LfU

Für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen bei Maßnahmen im Rahmen des Bundesverkehrswegeplans (BVWP) werden die **EWS-97**<sup>134</sup> herangezogen. (Das Verfahren geht auf die RASW-86<sup>135</sup> zurück und orientiert sich mit dem exponentiellen Ansatz an dem logarithmischen Lärmempfinden. Ein exponentieller Zusammenhang zwischen Belästigung A und Pegel  $L_{Aeq}$  zurückgehend auf einen NASA-Bericht von Powell 1979<sup>136</sup>, findet sich auch bei Miedema 1985<sup>137</sup>  $A \sim 2^{0,1 \cdot L_{Aeq}}$ .) Die Kostensätze zur Bewertung der Lärmbelastung werden getrennt nach Tag und Nacht ermittelt und beziehen sich auf die betroffenen Einwohnerzahl und sog. Lautheitsgewichte. Diese werden zu Lärmeinwohnergleichwerten ( $LEG_{N/T}$ ) zusammengefasst, mit den folgendermaßen definierten Lautheitsgewichten g:

$$g(L_{Str(N/T)}) = \begin{cases} 2^{0,1 \cdot (L_{Str(N/T)} - ZP_{N/T})} & L_{Str(N/T)} \geq ZP_{N/T} \\ 0 & L_{Str(N/T)} < ZP_{N/T} \end{cases}$$

Gleichung 46

Dabei werden nur Überschreitungen des Zielpiegel (ZP) berücksichtigt; dieser beträgt nachts 40 dB(A) und tags 50 dB(A).

<sup>54</sup> Schwellenwert 45 dB(A)

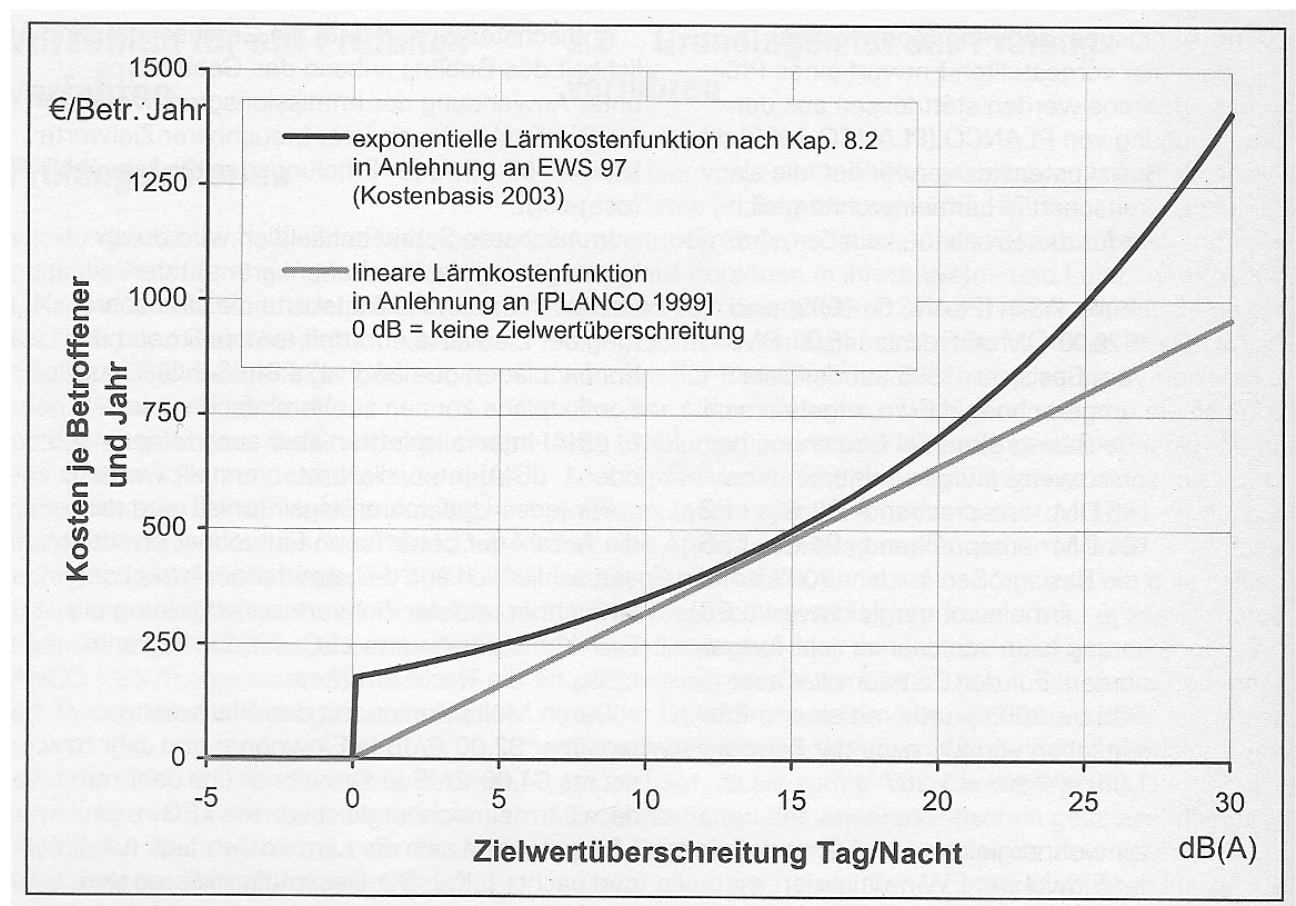
<sup>55</sup> Schwellenwert 42 dB(A)

Zielpegelüberschreitungen nachts werden durch einen Vermeidungskostenansatz (Kosten für Schallschutzfenster), tags durch einen Zahlungsbereitschaftsansatz erfasst. Es wird dabei ein Kostensatz von ~85 DM pro LEG und Jahr zugrunde gelegt (tags und nachts).

Das Bewertungsverfahren BVWP 2003<sup>138</sup> aktualisiert den zugrundeliegenden Kostensatz auf der Basis der Zahlungsbereitschaft auf 54,71 € pro LEG und Jahr. Der Zielpegel nachts wird für Innerortsstraßen auf 37 dB(A) festgesetzt.

Die Studie zur Kostenverhältnismäßigkeit von Schallschutzmaßnahmen des **LfU 2005**<sup>139</sup> verwendet ebenfalls Lärmeinwohnergleichwerte und orientiert sich damit an den EWS-97; nur die mit der zunehmenden Lärmbelastung steigende, erfragte Zahlungsbereitschaft ist aus PLANCO 1999<sup>140</sup> abgeleitet. Die Kostensätze sind für Tag und Nacht unterschiedlich und betragen pro Jahr 82 € je LEG tags und 94 € je LEG nachts; als Zielpegel wird 40 dB(A) nachts bzw. 50 dB(A) tags herangezogen. In der Abbildung 91 ist diese exponentielle Kostenfunktion dargestellt.

Abbildung 93 Kostenfunktion, LfU 2005



## 7.5 Schweiz (ARE)

Die externen Lärmkosten durch Straßen- und Schienenverkehrslärm in der Schweiz werden in einer Studie des **Bundesamts für Raumentwicklung (ARE) 2004**<sup>119</sup> untersucht<sup>56</sup>. Für die Bestimmung lärmbedingter Mietzinsausfälle wird der Hedonic-Pricing-Ansatz herangezogen. Dabei wird ein Schwellenwert von 55 dB(A) tags angenommen<sup>57</sup>. Die angenommene Mietpreisreduktion beträgt 0,8 %.

An gesundheitlichen Auswirkungen werden lärminduzierte Ischämische Herzkrankheiten (IHK) und Bluthochdruckerkrankungen (BHK) berücksichtigt. Dabei wird bei den IHK von einem Schwellenwert von 65 dB(A) tags und einer linearen Zunahme (Inkrement) des Odds Ratio (OR) von 0,066 pro 5 dB-Pegelerhöhung und für BHK von einem Schwellenwert von 50 dB(A) nachts sowie einer linearen Zunahme von 0,415 pro 5 dB ausgegangen<sup>58</sup>. Die monetäre Bewertung der Gesundheitsschäden erfolgt mit einem WTP-Ansatz auf der Basis des VLYL-Konzept (Value of Life Year Lost). Da diese VLYL in der Literatur nicht direkt angegeben sind, werden sie über die VOSL (Value Of Statistical Life) zu 85.000 CHF (Stand 2000) berechnet. Die nachfolgende Tabelle gibt eine Zusammenstellung der in der Literatur aufgeführten und verwendeten VOSL-Werte.

Tabelle 26 VOSL-Werte, ARE 2004

	Studienergebnis				Umrechnung in Mio. CHF 2000 <sup>1</sup>		
	VOSL	Einheit	von	bis	VOSL	von	bis
<b>WTP-Studien</b>							
Carthy et al. 1999	1.42	Mio. € 1996	0.7	2.3	2.79	1.37	4.52
Chanel et al. 2003b	0.8	Mio. € 2000			2.59 <sup>2</sup>		
<b>In Studien verwendeter VOSL</b>							
Sommer et al. 1999	0.9	Mio. € 1996		1.4	2.97 <sup>2</sup>		4.62 <sup>2</sup>
DG Environment 2000	1.0	Mio. € 2000	0.65	2.5	3.21 <sup>2</sup>	2.09 <sup>2</sup>	8.03 <sup>2</sup>
ExternE 2000	3.36	Mio. € 2000			6.42		
UNITE 2001	1.5	Mio. € 1998	0.75	2.5	2.91	1.46	4.85
Ecoplan 2002: Unfälle	2.87	Mio. CHF 1998			2.91		
Chanel et al. 2003a	1.4	Mio. € 1998			2.72		
<b>Festlegung für diese Studie für einen Todesfall durch Unfall</b>					<b>2.91</b>	<b>1.46</b>	<b>5.83<sup>3</sup></b>
<b>Todesfall durch ischämische Herzkrankheit</b>					<b>1.72<sup>4</sup></b>	<b>0.86<sup>4</sup></b>	<b>3.44<sup>4</sup></b>
<b>Todesfall durch Bluthochdruck bedingte Krankheit</b>					<b>1.42<sup>4</sup></b>	<b>0.71<sup>4</sup></b>	<b>2.84<sup>4</sup></b>

Weitere Kosten (Produktionsausfälle, Behandlungskosten) wurden ebenso berücksichtigt; die Tabelle 27 stellt diese zusammen.

<sup>56</sup> Hauptauftragnehmer: Ecoplan

<sup>57</sup> Eine Senkung des Wertes auf 50 dB kann zu erheblich höheren Lärmkosten führen (ca. Faktor 3).

<sup>58</sup> Für Straßenverkehrslärm

Tabelle 27 Kostenansätze, ARE 2004

WTP-Ansatz	WTP	BHK	NPA	Total
verlorene Lebensjahre <sup>3</sup>	85'473	-	-	85'473
verlorene Anzahl Erwerbsjahre <sup>3</sup>	-	-	35'434	35'434
<b>Ischämische Herzkrankheiten</b>				
Todesfälle <sup>3</sup>	1'719'301	-	-	1'719'301
Todesfälle bei den Erwerbstätigen <sup>3</sup>	-	-	330'097	330'097
Hospitalisationen (stationär)	14'191	-	-	14'191
Hospitalisationen (teilstationär)	1'546	902	74 <sup>1,2</sup>	2'522
Anzahl Spaltage (stationär)	-	902	-	902
Anzahl verlorene Erwerbstage (nur stationäre Spaltage)	-	-	291 <sup>2</sup>	291
Ambulante Behandlungen (nur Herzinfarkt)	-	-	12 <sup>1,2</sup>	12
<b>Durch Bluthochdruck bedingte Krankheiten</b>				
Todesfälle <sup>3</sup>	1'419'243	-	-	1'419'243
Todesfälle bei den Erwerbstätigen <sup>3</sup>	-	-	277'008	277'008
Hospitalisationen (stationär)	1'309	-	-	1'309
Hospitalisationen (teilstationär)	1'309	731	41 <sup>1,2</sup>	2'081
Anzahl Spaltage (stationär)	-	731	-	731
Anzahl verlorene Erwerbstage (nur stationäre Spaltage)	-	-	291 <sup>2</sup>	291
Ambulante Behandlungen	1'309	-	7 <sup>1,2</sup>	1'316
Tagesdosen BH-Medikamente	-	2	-	2

WTP = willingness to pay, BHK = Behandlungskosten, NPA = Nettoproduktionsausfall.

Hauptanteil an den Kosten haben die Mietzinsausfälle.

Eine Weiterführung dieser Ansätze erfolgt durch **Ecoplan 2007**<sup>141</sup>: Es wird für Ischämische Herzkrankheiten ein Kostensatz von 16,87 CHF bei einer Lärmbelastung von mehr als 65 dB(A) tags und für Bluthochdruck bedingte Krankheiten ein Satz von 14,65 CHF bei einer Lärmbelastung von mehr als 50 dB(A) nachts pro Person und Jahr pro dB angegeben. Um eine einfachere Handhabung zu gewährleisten, wird dieser Wert auf einen Tagesschwellenwert von 57 dB(A) bezogen.

Die Mietzinsausfälle werden mit 106,25 CHF pro Wohnung und dB ab einem Tagespegel von 55 dB(A) beziffert.

Die mit diesen Kostensätzen berechneten Gesamtlärmkosten liegen deutlich über denen bspw. des HEATCO-Projekts.

## 7.6 Gesundheitsschädigungen

Der Ansatz zur Berücksichtigung der durch den Straßenverkehrslärm bedingten Gesundheitsschäden von **Müller-Wenk 2002**<sup>142</sup> unterscheidet sich deutlich von den oben dargestellten Herangehensweisen. Der lärmbedingte Schaden an der menschlichen Gesundheit wird nicht monetarisiert, sondern durch die Anzahl der Fälle hervorgerufener wesentlicher Gesundheitsstörungen beschrieben. Dieses wird zum einen damit begründet, sich nicht dem allgemeinen Trend, den Wert aller Dinge in Geld ausdrücken zu wollen, zu unterwerfen, des weiteren mit der nicht ausreichenden Aussagekraft und Vergleichbarkeit der Studien zur Monetarisierung sowie mit dem Nachteil dieser Bewertungsverfahren, erst langfristig zutage tretende Schädigungen systematisch unterzugewichten.

Das Verfahren der Ökobilanzierung beruht auf einer „marginalen Schadensbetrachtung“: Es wird die Erhöhung der Exposition als Folge einer zusätzlichen Transportaktivität betrachtet (vgl. bottom-up-approach bei Externe und UNITE) und daraus die Zunahme der Zahl der Menschen pro Bereich des Schalldruckpegels ermittelt. Die Höhe der Exposition wird mit den Häufigkeiten verschiedener gesundheitlicher Beeinträchtigungen verknüpft und diese werden durch das Konzept der „Disability Weights“ bezüglich ihrer relativen Schwere gewichtet. Es ist damit ein Ursache-Wirkungsketten orientiertes Verfahren, „das unter Berücksichtigung der vorliegenden Lärm-Vorbelastung die Folgen von zusätzlichen Verkehrsaktivitäten auf den Gesundheitszustand der Bevölkerung quantitativ darstellt.“

Zunächst werden die Auswirkungen auf die Exposition infolge der zusätzlichen Transportleistung (zusätzlich gefahrene 1000 km pro Fahrzeugkategorie) im Gesamtstraßennetz untersucht (Schalldruckpegelerhöhung angegeben in  $\mu\text{dB}$ ). Dazu wären alle Straßenabschnitte (nicht nur solche, die eine bestimmte Mindestverkehrsmenge aufweisen) zu berücksichtigen. Da der dazu erforderliche detaillierte Datenbestand auch in der Schweiz nicht vorliegt, setzt Müller-Wenk durchschnittliche Fahrzeugaufkommen für einzelne Straßentypen an (was lokal sicher zu erheblichen Abweichungen von der tatsächlichen Situation führt). Mit Kenntnis des Ist-Zustandes der Lärmbelastung (betroffene Menschen) lässt sich dann die Veränderung dieser durch die zusätzliche Transportleistung ermitteln.

Als Lärmwirkungen werden Schlafstörungen (hervorgerufen durch die Lärmbelastung nachts, Pegel  $> 46 \text{ dB(A)}$ ) und Kommunikationsstörungen (hervorgerufen durch die Lärmbelastung tags, Pegel  $> 55 \text{ dB(A)}$ ) betrachtet; für diese werden aus der Lärmstudie 90<sup>143</sup> als linear betrachtete Dosis-Wirkungsbeziehungen abgeleitet, aus denen die Zunahme der Fälle (pro Jahr) bei Pegelerhöhung berechnet werden kann. Diese sind allerdings, für sich betrachtet, sehr klein: „Dies entspricht 2,5 zusätzlichen Fällen von Kommunikationsstörungen pro 100 Mio. betroffene Personen bei einer Pegelerhöhung um 1 Micro-Dezibel TAGS.“ Für die lärmbedingte Zunahme der Herzinfarkterkrankungen wird ein linearer Zusammenhang zwischen Risiko und Pegel mit einem Schwellenwert von 65 dB(A) tags bzw. 55 dB(A) nachts angenommen, dabei ist Ausgangspunkt die Aussage von Ising<sup>144</sup>, dass oberhalb dieser Schwellenwerte eine Zunahme des Herzinfarkttrisikos um ca. 20 % zu verzeichnen ist.

Für die Bewertung der Schäden am Gut „menschliche Gesundheit“ wird das von der WHO entwickelte Konzept der „Disability Weights“ herangezogen. Da für Schlaf- und

Kommunikationsstörungen diese Angaben noch nicht vorlagen, wurden sie im Rahmen der Studie erhoben. Es wurden Werte von  $DW_{\text{Schlaf}} = 0,055$  und  $DW_{\text{Komm}} = 0,033$  erhalten ( $DW = 0$  entspricht voller Gesundheit). Durch Multiplikation dieser DW-Werte mit den durch die zusätzliche Transportleistung erhaltenen zusätzlichen Fällen für Schlaf- bzw. Kommunikationsstörungen und Herzinfarkte erhält Müller-Wenk DALY-Werte, getrennt nach Fahrzeugtypen pro 1000 km Fahrleistung (Disability Adjusted Live-Years, bspw. beträgt  $DALY_{\text{Komm,Pkw}} = 0,00013$ )<sup>59</sup>. Die Gesundheitsschäden in Form von Herzinfarkten sind dabei erheblich kleiner als jene durch Schlaf- bzw. Kommunikationsstörungen.

Das Verfahren von Müller-Wenk<sup>60</sup> soll hier nicht berücksichtigt werden, da im Rahmen der EU-weiten Lärmkartierung bereits ein großer Datenbestand bezüglich der Lärmexposition der Bevölkerung vorhanden ist, detaillierte Daten über die Verkehre und deren Zusammensetzung auf allen Straßen aber nicht vorliegen dürften. Da das Konzept von Veränderungen der Fahrleistung ausgeht, ist es für die Untersuchung der Wirkungen von Lärminderungsmaßnahmen (wie bspw. Lärmschutzwänden, lärmarmen Asphalten) ungeeignet. Auch können die gesundheitlichen Auswirkungen anderer Lärmquellen nicht berücksichtigt werden (eine Übertragung des Konzepts auf den Schienenverkehrslärm erscheint ggf. möglich).

---

<sup>59</sup> WHO-Konzept

<sup>60</sup> Aus diesem Grund wird auch nicht das Verfahren der marginalen Lärmkosten (ExternE, UNITE) angewendet.



## 8 Zusammenfassung

Lärm als ein erhebliches Umweltproblem im europäischen Maßstab wurde erstmals 1996 im Grünbuch der Europäischen Kommission über die künftige Lärmschutzpolitik der Europäischen Union thematisiert. Mit der Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm („Umgebungslärm-Richtlinie“) wird im europäischen Rahmen ein gemeinsames Konzept festgeschrieben, um schädliche Auswirkungen durch Umgebungslärm zu verhindern, ihnen vorzubeugen oder sie zu mindern. Nach einer Ermittlung der Belastung anhand von Lärmkarten und Betroffenheiten sowie einer Information der Öffentlichkeit sollen in Aktionsplänen auf lokaler Ebene Maßnahmen zur Verringerung der Lärmbelastung eingeleitet werden.

Zur Bewertung der Auswirkungen von Lärm auf die Bevölkerung sollen dabei Dosis-Wirkungs-Relationen verwendet werden, die einen Zusammenhang zwischen der Belästigung und dem Lärmindikator  $L_{den}$  sowie zwischen Schlafstörungen und dem Lärmindikator  $L_{Night}$  aufzeigen. Die Europäische Kommission veröffentlichte im Jahre 2002 ein „Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance“ zur Ermittlung der Lärmbelästigung und 2004 ein „Position paper on dose-effect relations for night time noise“, das Dosis-Wirkungskurven für den Zusammenhang zwischen Lärmbelastung und nächtlicher Schlafstörung empfiehlt.

Die wirtschaftliche Bewertung der Lärminderungsmaßnahmen in den Aktionsplänen soll u.a. durch Kosten-Nutzen-Analysen erfolgen. Auch dazu wurden durch die Europäische Kommission 2002 mit „The State of the Art on Economic Valuation of Noise“ Empfehlungen gegeben.

Die 2002 angegebenen Dosis-Wirkungsbeziehungen gehen wesentlich auf Arbeiten von Miedema, Vos und Oudshoorn zwischen 1998 und 2001 zurück. Hier greifen die Autoren in Metaanalysen auf Studien zurück, die zwischen 1965 und 1993, ein Großteil davon vor 1990, erschienen sind. Neben dem durch Schultz 1978 eingeführten und gut begründeten Konzept der „highly annoyed“ Personen wird auch der Begriff „annoyed“ eingeführt. Aus dem Datenmaterial werden für Straßen-, Schienen- und Fluglärm unterschiedliche Dosis-Wirkungsbeziehungen abgeleitet.

Die 2004 angegebenen Dosis-Wirkungszusammenhänge für Schlafstörungen orientieren sich wesentlich an den Arbeiten von Miedema, Vos und Passchier-Vermeer, die, nicht öffentlich zugänglich, als TNO-Berichte erschienen sind.

Ausgehend von einer kritischen Auseinandersetzung mit diesen Arbeiten werden im vorliegenden Bericht seit 2000 erschienene Studien zu Belästigungswirkungen und Schlafstörungen aufgeführt und analysiert. Dabei werden sowohl Feldstudien- als auch Laborstudien ausgewertet. Es wird hierbei kein Wert auf eine vollständige Erfassung der Literatur gelegt, im Wesentlichen wurden Artikel aus dem europäischen Raum berücksichtigt. Wichtige Graphiken und Tabellen wurden direkt aus den Arbeiten in diesen Bericht übernommen.

Weiterhin werden Studien betrachtet, die die gesundheitlichen Auswirkungen des Verkehrslärms aufzeigen. Hier sind besonders die Zunahme des Risikos für Myokardinfarkt sowie für die Ausbildung einer Bluthochdruckerkrankung gut abgesichert.

Die in den untersuchten Studien angegebenen Dosis-Wirkungszusammenhänge unterscheiden sich teilweise erheblich von denen der position papers. In vielen Studien scheinen sich lineare Dosis-Wirkungsbeziehungen sowohl für die Belästigung, die Schlafstörung als auch gesundheitliche Auswirkungen zu zeigen. Große Unterschiede werden allerdings im Anstieg dieser Funktionen als auch in der Existenz oder Nichtexistenz von Schwellenwerten deutlich. Innerhalb der einzelnen Studien werden oft hochsignifikante Ergebnisse erhalten; die aber im Vergleich mit anderen Studien nicht konsistent sind. Dieses ist möglicherweise auf ein nichteinheitliches Studiendesign, die Berücksichtigung (bzw. Nichtberücksichtigung) moderierender Parameter, die einen erheblichen Einfluss insbesondere auf das Belästigungsurteil haben, zurückzuführen. Nur ca. 15-30 % des Belästigungsurteils ist akustischen Parametern zuzurechnen. Die Rolle von Moderatoren ist entscheidend und mit den bisherigen Ansätzen der Lärmwirkungsforschung noch nicht vollständig verstanden. Wesentliche Bedeutung kommen dabei der Lärmempfindlichkeit und dem Zugang zu einer ruhigen Fassade zu. Ferner sind die Verfahren zur Ermittlung der Exposition in den Studien nicht einheitlich.

Für die durch die Europäische Kommission vorgeschlagenen Dosis-Wirkungsbeziehungen zu Belästigung und Schlafstörungen kann aus der hier vorgelegten Analyse nicht geschlussfolgert werden, dass diese durch Studien wirklich abgesichert sind. Es erscheint auch zweifelhaft, ob die Etablierung europaweit einheitlicher Dosis-Wirkungsbeziehungen sinnvoll ist, da kulturelle, regionale, saisonale, klimatische, bauliche Unterschiede darin nicht widerspiegelt würden.

Auch bei der Betrachtung zu den gesundheitlichen Auswirkungen der Lärmbelastung ist festzustellen, dass insbesondere bei Pegeln im moderaten Bereich (keine extremen Lärmbelastungen) die gesundheitlichen Auswirkungen des Lärms nicht ausreichend nur durch eine Berücksichtigung der Exposition erfasst werden; sondern durch moderierende Effekte beeinflusst werden.

Es scheint aber Hinweise zu geben, dass ab ca. 45 - 50 dB(A) nachts und 55 - 60 dB(A) tags die gesundheitlichen Risiken für Bluthochdruck und ab ca. 60 – 65 dB(A) für Ischämische Herzkrankheiten ansteigen (linear, Schwellenwerte).

Weiterhin wurden für die monetäre Bewertung der Lärmauswirkungen nach 2000 erschienene Studien und Berichte ausgewertet. Die monetären Schäden des Lärms spiegeln sich zum einen in Immobilienwertverlusten und zum anderen in den mit den gesundheitlichen Schädigungen einhergehenden Behandlungskosten und Verlusten an Arbeits- und Lebenszeit wider.

Man geht davon aus, dass der Wertverlust von Immobilien bzw. Mietmindereinnahmen infolge der Verlärmung dadurch bedingt sind, dass dem Eigentümer (Käufer) bzw. Mieter die durch den Lärm verursachten Störungen und Belästigungen bewusst sind. Dieses ist für die gesundheitlichen Auswirkungen i.a. nicht der Fall.

Zur Abschätzung der monetären Auswirkungen des Lärms auf Immobilienwerte werden, da es für den Lärm keine Marktpreise gibt, im Wesentlichen zwei Methoden, die auf Präferenzenermittlung beruhen, verwendet.

Bei der direkten Methode wird die Wertschätzung für bestimmte Güter bzw. Umwelt-niveaus durch Befragung ermittelt. Bei der indirekten Methode werden die Präferenzen für Umweltgüter aus dem beobachteten Verhalten der Individuen auf tatsächlich existierenden Märkten und daraus abgeleiteten Wertschätzungen ermittelt.

Auch bei der Analyse der auf diesem Gebiet erschienenen Studien zeigte sich eine große Bandbreite der eruierten Immobilienwertverluste und Gesundheitskosten.

Mit dieser Arbeit wird deutlich, dass sowohl auf dem Gebiet der Dosis-Wirkungszusammenhänge als auch bei der monetären Bewertung der Lärmauswirkungen noch ein erheblicher Forschungsbedarf besteht. Bei Studien, die dazu weitere Antworten liefern könnten, sollte es sich um breit angelegte Feldstudien mit gleichen Kriterien zur Erfassung von Exposition, Belästigung, gesundheitlichen Wirkungen und moderierenden Parametern sowie lokalen Miet- und Immobilienpreisen handeln.

## Literaturverzeichnis

- <sup>1</sup> Porter, N.D., Berry, B.F., Flindell, I.H.: Health Effect Based Noise Assessment Methods: A Review and Feasibility Study, Department for Environment, Food & Rural Affairs, (DEFRA), UK, 1998
- <sup>2</sup> Griefahn, B.: Noise-induced extra aural effects, Journal of the Acoustical Society Japan (E)21(2000)307-317
- <sup>3</sup> Stansfeld, S.A., Haines, M.M., Bur, M. Berry, B., Lercher, P.: A Review of environmental noise and mental health, Noise & Health 2(2000)1-8
- <sup>4</sup> Lee, C.S.Y., Fleming, G.G.: General Health Effects of Transportation Noise, U.S. Department of Transportation, RR-297/R2059, 2002
- <sup>5</sup> Quantifying burden of disease from environmental noise: Second technical meeting report, Bern 15.-16.12.2005, WHO 2007
- <sup>6</sup> Brink, M., Wirth, K., Rometsch, R., Schierz, Ch.: Lärmstudie 2000 Zusammenfassung. ETH Zürich, Zentrum für Organisations- und Arbeitswissenschaften 2005
- <sup>7</sup> Guski, R.: Status, Tendenzen und Desiderate der Lärmwirkungsforschung zu Beginn des 21. Jahrhunderts, Zeitschrift für Lärmbekämpfung 49(2002)211-232
- <sup>8</sup> Finegold, L.S., Finegold, M.S.: Development of Exposure-Response Relationships between Transportation Noise and Community Annoyance, Japan Net-Symposium on "Annoyance, Stress and Health Effects of Environmental Noise" 2002
- <sup>9</sup> Schultz T.J.: Synthesis of Social Surveys on noise annoyance, Journal of the Acoustical Society of America 64(1978) 377-405
- <sup>10</sup> Schultz, T.J.: Erratum to: Synthesis of social surveys on noise annoyance, Journal of the Acoustical Society of America 65(1979)849
- <sup>11</sup> Kryter, K.D.: Community annoyance from aircraft and ground vehicle noise, Journal of the Acoustical Society of America 72(1982)1222-1242
- <sup>12</sup> Job, R.S.F.: Community response to noise: A review of factors influencing the relationship between noise exposure and reaction, Journal of the Acoustical Society of America 83(1988)991-1000
- <sup>13</sup> Schomer, P.: A White Paper: Assessment of Noise Annoyance, Schomer and Associates, 2001
- <sup>14</sup> Fidell, S.: The Schultz curve 25 years later: A research perspective, Journal of the Acoustical Society of America 114(2003)3008-3015
- <sup>15</sup> Fidell S., Barber, D.S., Schultz, T.J.: Updating a dosage-effect relationship for the prevalence of annoyance due to general transportation noise. Journal of the Acoustical Society of America 89(1991)221-233

- <sup>16</sup> Finegold, L.S., Harris, S., von Gierke, H.: Community annoyance and sleep disturbance: Updated criteria for assessing the impacts of general transportation noise on people, *Noise control Engineering Journal* 42(1994)25-30
- <sup>17</sup> Miedema, H.M.E., Vos, H.: Exposure-response relationships for transportation noise, *Journal of the Acoustical Society of America* 104(1998)3432–3445
- <sup>18</sup> Miedema, H.M.E., Oudshoorn, C.G.M.: Annoyance from Transportation Noise: Relationships with Exposure Metrics DNL and DENL and Their Confidence Intervals, *Environmental Health Perspectives*, 109(2001)409–416.
- <sup>19</sup> Miedema, H.M.E., Vos, H., de Jong, R.G.: Community reaction to aircraft noise: Time-of-day penalty and tradeoff between levels of overflights, *Journal of the Acoustical Society of America* 107(2000)3245-3253
- <sup>20</sup> De Jong, R.G., Miedema, H.M.E.: Is freight noise more annoying than passenger traffic noise, *Journal of Sound and Vibration* 193(1996)35-38
- <sup>21</sup> Miedema, H.M.E.: Response functions for environmental noise in residential areas, Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg TNO Leiden (NL), NIPG-Publikationsnummer 92.021, 1992
- <sup>22</sup> European Commission: Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance, Luxembourg 2002
- <sup>23</sup> Richtlinie 2002/49/EG Des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm
- <sup>24</sup> European Commission: Position paper on dose-effect relationships for night time noise, 2004
- <sup>25</sup> Miedema, H.M.E., Passchier-Vermeer, W., Vos, H.: Elements for a position paper on night-time transportation noise and sleep disturbance, TNO-Inro, Delft 2002
- <sup>26</sup> Miedema, H.M.E., Vos, H.: Self-reported sleep disturbance caused by aircraft noise, TNO-Inro, Delft 2004
- <sup>27</sup> Passchier-Vermeer, W.: Night-time noise events and awakening, TNO-Inro, Delft 2003
- <sup>28</sup> Passchier-Vermeer et. al.: Sleep disturbance and aircraft noise exposure, TNO-PG, Leiden 2002
- <sup>29</sup> Babisch, W.: Road traffic noise and cardiovascular risk, *Noise & Health*, 38(2008)27–33.
- <sup>30</sup> De Kluizenaar, Y., Gansevoort, R.T., Miedema, H.M.E.; de Jong, P.E.: Hypertension and Road Traffic Noise Exposure, *Occupational and Environmental Medicine* 49(2007)484–492.
- <sup>31</sup> Schuemer, R., Schreckenber, D., Felscher-Suhr, U. (Hrsg.): Wirkungen von Schienen- und Straßenverkehrslärm, ZEUS GmbH 2003
- <sup>32</sup> Ising, H., Kruppa, B.: Health Effects caused by Noise: Evidence in the Literature from the Past 25 Years, *Noise & Health* 22(2004)5-13
- <sup>33</sup> Morihara, T., Sato, T., Yano, T.: Comparison of dose–response relationships between railway and road traffic noises: the moderating effect of distance, *Journal of Sound and Vibration* 277(2004)559-565
- <sup>34</sup> Bangjun, Z., Lili, S., Guoqing, D.: The influence of the visibility of the source on the subjective annoyance due to its noise, *Applied Acoustics* 64(2003)1205-1215
- <sup>35</sup> Ortscheid, J., Wende, H.: Fluglärmwirkungen, Umweltbundesamt, Berlin, 2000
- <sup>36</sup> Hoeger, R., Schreckenber, D., Felscher-Suhr, U., Griefahn, B.: Night-time Noise Annoyance: State of the Art, *Noise & Health* 4(2002)19-25
- <sup>37</sup> Griefahn, B., Möhler, U., Schuemer, R. (Hrsg.): Vergleichende Untersuchung über die Lärmwirkung bei Straßen- und Schienenverkehr, Abschlussbericht, München SGS 1999
- <sup>38</sup> Sato, T., Yano, T., Björkman, M., Rylander, R.: Comparison of Community response to Road Traffic Noise in Japan and Schweden – Part I: Outline of Surveys and Dose-Response-relationships, *Journal of Sound and Vibration* 250(2002)161-167
- <sup>39</sup> Miedema, H.M.E., Vos, H.: Relationship between exposure to multiple noise sources and noise annoyance, *Journal of the Acoustical Society of America* 116(2004)949-957
- <sup>40</sup> Miedema, H.M.E., Vos, H.: Noise annoyance from stationary sources: Relationships with exposure metric day-evening-night level (DENL) and their confidence intervals, *Journal of the Acoustical Society of America* 116(2004)334–343
- <sup>41</sup> Bluhm, G., Nordling, E., Berglind, N.: Road Traffic Annoyance – An increasing Environmental Health problem, *Noise & Health* 6(2004)43-49
- <sup>42</sup> Klæboe, R., Amundsen, A.H., Fyhri, A., Solberg, S.: Road traffic noise – the relationship between noise exposure and noise annoyance in Norway, *Applied Acoustics* 65(2004)893–912
- <sup>43</sup> Wirth, K.: Lärmstudie 2000. Die Belästigungssituation im Umfeld des Flughafens Zürich, Shaker Verlag Aachen 2004

- <sup>44</sup> Forschungsverbund "Leiser Verkehr" Bereich 2000 „Lärmwirkungen“ Einzelvorhaben 2131: Lärmbelästigung durch Straßen- und Schienenverkehr in Abhängigkeit von der Tageszeit, Abschlussbericht 2005
- <sup>45</sup> Öhrström, E., Skanberg, A., Svensson, H., Gidlöf-Gunnarsson, A.: Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness, *Journal of Sound and Vibration*, 295(2006)40–59
- <sup>46</sup> Martin, M.A., Tarrero, A., Gonzalez, J., Machimbarrena, M.: Exposure-effect relationships between road traffic noise annoyance and noise cost valuations in Valladolid, Spain, *Applied Acoustics* 67(2006)945–958
- <sup>47</sup> Gjestland, T.: The socio-economic impact of noise: A method for assessing noise annoyance, *Noise & Health* 9(2007)42–44
- <sup>48</sup> Kryter, K.D.: Acoustical, sensory and psychological research data and procedures for their use in predicting effects of environmental noises, *Journal of the Acoustical Society of America* 122(2007)2601–2614
- <sup>49</sup> Lim, C., Kim, J., Hong, J., Lee, S., Lee, S.: The relationship between civil aircraft noise and community annoyance in Korea, *Journal of Sound and Vibration* 299(2007) 75–586
- <sup>50</sup> Jakovljevic, B., Paunovic, K., Belojevic, G.: Road-Traffic noise and factors influencing noise annoyance in an urban population, *Environment International* (2008), doi:10.1016/j.envint.2008.10.001
- <sup>51</sup> Scholz, A.B., Jebens, O.C.: Wirkungsbezogene Lärmuntersuchung des Stadtteil Stuttgart-Fasanenhof, *Lärmbekämpfung* 3(2008)114-120
- <sup>52</sup> Forschungsverbund "Leiser Verkehr" Bereich 2000 „Lärmwirkungen“ Einzelvorhaben 2121: Lästigkeit kombinierter Verkehrslärmquellen – laborexperimenteller Ringversuch, Abschlussbericht 2005
- <sup>53</sup> De Coensel, B., Botteldooren, D., Berglund, B. Nilsson, M.E., de Muer, T., Lercher, P.: Experimental Investigation of Noise Annoyance Caused by High-speed Trains, *Acta Acustica united with Acustica* 93(2007)589–601
- <sup>54</sup> Preis, A., Griefahn, B., Gjestland, T.: silence. Sub-project A "Annoyance" D 4, European Commission DG Research, 2007
- <sup>55</sup> Kuhnt, S., Schürmann, C., Schütte, M., Wenning, E., Griefahn, B., Vormann, M., Hellbrück, J.: Modelling annoyance from combined traffic noise: An experimental study. *Acta Acustica united with Acustica*, 94(2008)393-400
- <sup>56</sup> Schuemer, R.: Änderung der Lärmbelästigung bei maßnahme-bedingter, stufenweise veränderter Geräuschbelastung: Hinweise auf einige Befunde und Interpretationsansätze, *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* 47(2000)134-143
- <sup>57</sup> Ouis, D.: Annoyance from Road traffic Noise: A Review, *Journal of Environmental Psychology* 21 (2001)101-120
- <sup>58</sup> Crocker, M.J. (Ed.): *Encyclopaedia of Acoustics*, John Wiley, New York 1997
- <sup>59</sup> Ouis, D.: Annoyance Caused by Exposure to Road Traffic Noise: An Update, *Noise & Health* 4(2002)69-79
- <sup>60</sup> Rylander, R., Björkman, M.: Road Traffic Noise Annoyance and Window Orientation in Dwellings, *Journal of Sound and Vibration* 249(2002)828-831
- <sup>61</sup> Miedema, H.M.E., Vos, H.: Noise sensitivity and reactions to noise and other environmental conditions, *Journal of the Acoustical Society of America* 113(2003)1492-1504
- <sup>62</sup> Huybregts, C.N.: Community Response to Changes in Railway Noise Exposure – a Review, *The Eighth Western Pacific Acoustics Conference*, Melbourne 2003
- <sup>63</sup> Lärminderungsplanung Norderstedt, Informationen der Stadt Norderstedt zum Thema Lärminderungsplanung, Stadt Norderstedt 2004
- <sup>64</sup> Bönninghausen, G., Popp, C.: Lärmkennziffer-Methode. Methode zu Beurteilung lärmbedingter Konfliktpotentiale in der städtebaulichen Planung, Baubehörde Hamburg, 1988
- <sup>65</sup> Fluglärm 2004, Stellungnahme des Interdisziplinären Arbeitskreises für Lärmwirkungsfragen beim Umweltbundesamt, UBA; Berlin 2004
- <sup>66</sup> Guski, R.: Neuer Fluglärm gleich alter Fluglärm? Kritische Anmerkungen zu einer Expertenmeinung und ein Vorschlag zur Prognose-Berechnung der erheblichen Belästigung bei wesentlich geänderter Fluglärm-Belastung, *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* 50(2003)14-25
- <sup>67</sup> Guski, R.: How to forecast community annoyance in planning noisy facilities?, *Noise & Health* 6(2004)59–64
- <sup>68</sup> Michaud, D.S., Keith, S.E., McMurchy, D.: Noise Annoyance in Canada, *Noise & Health* 7(2005)39-47
- <sup>69</sup> Probst, W.: Zur Bewertung von Umgebungslärm. *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* 53(2006)105-114
- <sup>70</sup> Lam, K., Au, W.: Human Response to a Step Change in Noise Exposure Following the Opening of a New Railway Extension in Hong Kong, *Acta Acustica united with Acustica* 94 (2008)553–562
- <sup>71</sup> Brooker, P.: Do people react more strongly to aircraft noise today than in the past?, *Applied Acoustics* (2008), doi:10.1016/j.apacoust.2008.08.008


- <sup>72</sup> Stassen, K.R., Collier, P., Torfs, R.: Environmental burden of disease due to transportation noise in Flanders (Belgium), *Transportation Research Part D* 13(2008)355-358
- <sup>73</sup> Fields, J.M. de Jong, R.G., Gjestland, T., Flindell, I.H., Job, R.F.S., Kurra, S., Lercher, P., Vallet, M., Yano, T., Guski, R., Felscher-Suhr, U., Schuemer, R.: Standardized General-Purpose Noise reaction Questions for Community Noise Surveys: Research and Recommendation, *Journal of Sound and Vibration*, 242(2001)641-679
- <sup>74</sup> Spreng, M.: Lärmmedizinischen Gutachten C 8 zur Verlängerung der Start- und Landebahn des Flughafens Frankfurt-Hahn, Antrag auf Planfeststellung, 2003
- <sup>75</sup> Gjestland, T., Ljasjo, K., Granoien, I., Fields J. M.: Response to noise around Oslo Airport Fornebu. ELAB-RUNIT Report No. STF40 A90189. Trondheim 1990
- <sup>76</sup> Griefahn, B., Gjestland, T., Preis, A.: silence. Sub-project A "Annoyance" D 5, EUROPEAN COMMISSION DG RESEARCH, 2007
- <sup>77</sup> Zimmer, K., Ghani, J., Ellermeier, W.: The role of task interference and exposure duration in judging noise annoyance, *Journal of Sound and Vibration* 311(2008)1039-1051
- <sup>78</sup> Moehler, U., Lipert, M., Schuemer, R., Griefahn, B.: Differences between Railway and Road Traffic Noise, *Journal of Sound and Vibration* 231(2000)853-864
- <sup>79</sup> Griefahn, B., Schuemer-Kohrs, A., Schuemer, R., Moehler, U., Mehnert, P.: Physiological, subjective and behavioural responses during sleep to noise from rail and road traffic, *Noise & Health* 3(2000)59-71
- <sup>80</sup> Finegold, L.S., Bartholomew, E.: A Predictive Model of Noise Induced Awakenings from Transportation Noise Sources; *Noise Control Engineering Journal* 2001
- <sup>81</sup> De Kluizenaar, Y., Passchier-Vermeer, W., Miedema, H.M.E.: Adverse effects of noise exposure on health a state of the art summary, TNO report 2001.171, Leiden 2001
- <sup>82</sup> Basner, M., Buess, H., Luks, N., Maaß, H., Mawet, L., Müller, E.W., Muller, U., Piehler, C., Plath, G., Quehl, J., Rey, E., Samel, A., Schulze, M., Vejvoda, M., Wenzel J: Nachtfluglärmwirkungen - eine Teilauswertung von 64 Versuchspersonen in 832 Schlaflabornächten. Forschungsbericht 2001-26, Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin, Köln 2001
- <sup>83</sup> Griefahn, B.: Präventivmedizinische Vorschläge für den nächtlichen Schallschutz, *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* 37(1990)7-14
- <sup>84</sup> Maschke, C., Hecht, K., Wolff, U.: Nächtliches Erwachen durch Fluglärm, *Bundesgesundheitsblatt* 44(2001)1001-1010
- <sup>85</sup> Öhrström, E.: Longitudinal surveys on effects of changes in road traffic noise: effects on sleep assessed by general questionnaires and 3-day sleep logs, *Journal of Sound and Vibration* 276(2004)713-727
- <sup>86</sup> Miedema, H.M.E., Vos, H.: Associations Between Self-Reported Sleep Disturbance and Environmental Noise Based on Reanalyses of Pooled Data From 24 Studies, *Behavioral Sleep Medicine* 5(2007)1-20
- <sup>87</sup> Night Noise Guidelines (NNGL) for Europe, Final implementation report, WHO 2007
- <sup>88</sup> Aasvang, G. M., Moum, T.; Engdahl, B.: Self-reported sleep disturbances due to railway noise: Exposure-response relationship for nighttime equivalent and maximum noise levels, *Journal of the Acoustical Society of America* 124(2008)257-268
- <sup>89</sup> Öhrström, E., Skånberg, A.: Sleep disturbances from road traffic and ventilation noise-laboratory and field experiments, *Journal of Sound and Vibration* 271(2004)279-296
- <sup>90</sup> Kaku, J., Hiroe, M., Kuwano, S., Namba, S.: Sleep disturbance by traffic noise: an experimental study in subjects' own house using a portable CD player, *Journal of Sound and Vibration* 277(2004)459-464
- <sup>91</sup> Quehl, J.: Nachtfluglärm, Belästigung und Schlaferleben, *Somnologie* 9(2005)76-83
- <sup>92</sup> Skånberg, A., Öhrström, E.: Sleep disturbances from road traffic noise: A comparison between laboratory and field settings, *Journal of Sound and Vibration* 290(2006)3-16
- <sup>93</sup> Griefahn, B., Marks, A., Robens, S.: Noise emitted from road, rail and air traffic and their effects on sleep, *Journal of Sound and Vibration* 295(2006)129-140
- <sup>94</sup> VDI 3722 Blatt 2, Entwurf: Wirkung von Verkehrsgeräuschen – Kenngrößen beim Einwirken mehrerer Quellenarten, Verein Deutscher Ingenieure, 2002
- <sup>95</sup> Basner, M., Glatz, C., Griefahn, B., Penzel, T., Samel, A.: Aircraft noise: Effects on macro- and microstructure of sleep, *Sleep Medicine* 9(2008)382-387
- <sup>96</sup> Passchier-Vermeer, W., Passchier, W. F.: Noise Exposure and Public Health, *Environmental Health Perspectives* 1008 Suppl.1 (2000)123-131
- <sup>97</sup> Maschke, C., Wolf, U., Leitmann, T.: Epidemiologische Untersuchungen zum Einfluss von Lärmstress auf das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose, *WaBoLu-Hefte* 01/03, UBA, Berlin 2003

- <sup>98</sup> Babisch W.: Chronischer Lärm als Risikofaktor für den Myokardinfarkt. Ergebnisse der „NaRoMi“-Studie, S. I-1 bis I-59, WaBoLu-Hefte 02/04, UBA, Berlin 2004
- <sup>99</sup> Babisch, W.: Transportation Noise and Cardiovascular Risk Review and Synthesis of Epidemiological Studies Dose-effect Curve and Risk Estimation WaBoLu-Hefte 01/06, UBA, Berlin 2006
- <sup>100</sup> Selander, J., Nilsson, M. E., Bluhm, G., Rosenlund, M., Lindquist, M., Nise, G., Pershagen, G.: Long-Term Exposure to Road Traffic Noise and Myocardial Infarction, *Epidemiology* 20(2009)272-279
- <sup>101</sup> van Kempen, E. E. M. M., Kruize, H., Boshuizen, H. C., Ameling, C.B., Staatsen, B. A. M., de Hollander, A. E. M.: The Association between Noise Exposure and Blood Pressure and Ischemic Heart Disease: A Meta-analysis, *Environmental Health Perspectives* 110(2002)307-317
- <sup>102</sup> Niemann, H. Maschke, C., Hecht, K.: Belästigung und Erkrankungsrisiko – Ergebnisse des Pan Europäischen LARES-Survey zum Fluglärm, 2004  
<http://www.tu-berlin.de/bzph/laerm-gesundheit/Veröffentlichungen.htm>
- <sup>103</sup> Niemann, H. Maschke, C.: WHO LARES. Final report: Noise effects and morbidity, WHO 2004
- <sup>104</sup> Rylander, R.: Physiological aspects of noise-induced stress and annoyance, *Journal of Sound and Vibration* 277(2004)471–478
- <sup>105</sup> Rosenlund, M., Berglind, N., Pershagen, G., Jarup, L., Bluhm, G.: Increased prevalence of hypertension in a population exposed to aircraft noise, *Occupational and Environmental Medicine* 58(2001)769-773
- <sup>106</sup> Aydin, Y., Kaltenbach, M.: Noise perception, heart rate and blood pressure in relation to aircraft noise in the vicinity of the Frankfurt airport, *Clinical Research in Cardiology* 96(2007)347-358)
- <sup>107</sup> Eriksson, C., Rosenlund, M., Pershagen, G., Hilding, A., Östenson, C.G., Bluhm, G.: Aircraft Noise and Incidence of hypertension, *Epidemiology*(18)716-721
- <sup>108</sup> Bluhm, G., Berglind, N., Nordling, E., Rosenlund, M.: Road traffic noise and hypertension, *Occupational Environmental Medicine* 2007(64)122-126
- <sup>109</sup> Jarup, L., Babisch, W., Houthuijs, D., Pershagen, G., Katsouyanni, K., Cadum, E., Dudley, M.L., Savigny, P., Seiffert, I., Swart, W., Breugelmans, O., Bluhm, G., Selander, J., Haralabidis, A., Dimakopoulou, K., Sourtzi, P., Velonakis, M., Vigna-Taglianti, F.: Hypertension and Exposure to Noise Near Airports: the HYENA Study, *Environmental Health Perspectives* 116(2008)329-333
- <sup>110</sup> Haralabidis, A.S., Dimakopoulou, K., Vigna-Taglianti, F., Giampaolo, M., Borgini, A., Dudley, M.L., Pershagen, G., Bluhm, G., Houthuijs, D., Babisch, W., Velonakis, M., Katsouyanni, K., Jarup, L.: Acute effects of night-time exposure on blood pressure in populations living near airports, *European Heart Journal Advance Access published February 12, 2008*, doi:10.1093/eurheartj/ehn013
- <sup>111</sup> Fyhri, A., Klæboe, R. Road traffic noise, sensitivity, annoyance and self-reported health – A structural equation model exercise, *Environmental International* 35(2009)91-97
- <sup>112</sup> Franssen, E.A.M., van Wiechen, C. M. A. G., Nagelkerke, N. J. D., Lebre, E.: Aircraft noise around a large international airport and its impact on general health and medication use, *Occupational Environmental Medicine* 61(2004)405-413
- <sup>113</sup> Bluhm, G., Eriksson, C., Hilding, A., Östenson, C.: Aircraft noise exposure and cardiovascular risk among men - First results from a study around Stockholm Arlanda airport, in: Czech Acoustical Society (Ed.): Proceedings of the 33rd International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering. Prague, The Czech Acoustical Society. 31 (2004)
- <sup>114</sup> Lercher, P.: Environmental noise and health: an integrated research perspective, *Environmental International* 22(1996)117-128
- <sup>115</sup> Greiser, E., Janhsen, K., Greiser, C.: Beeinträchtigung durch Fluglärm: Arzneimittelverbrauch als Indikator für gesundheitliche Beeinträchtigung, UBA FuE-Vorhaben Förderkennzeichen 20551100, Umweltbundesamt 2006/2007
- <sup>116</sup> Löhr, D.: Die Plünderung der Erde. Anatomie einer Ökonomie der Ausbeutung. Ein Beitrag zur Ökologischen Ökonomie, Kiel 2008
- <sup>117</sup> Kant, I.: Grundlegung zur Metaphysik der Sitten, Stuttgart 1961
- <sup>118</sup> Schreyer, C., Maibach, M., Sutter, D., Doll, C., Bickel, P.: Externe Kosten des Verkehrs in Deutschland Aufdatierung 2005, INFRAS, Schlussbericht, Zürich 2007
- <sup>119</sup> Bundesamt für Raumentwicklung (ARE): Externe Lärmkosten des Strassen- und Schienenverkehrs der Schweiz, Aktualisierung für das Jahr 2000, Bern 2004
- <sup>120</sup> Navrud, S.: The State of the Art on Economic Valuation of Noise, Final Report to European Commission DG Environment, 2002

- <sup>121</sup> Schmid, S. A.: Externe Kosten des Verkehrs: Grenz- und Gesamtkosten durch Luftschadstoffe und Lärm in Deutschland, Dissertation, Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) 2005
- <sup>122</sup> Bickel, P., Friedrich, R. (Eds.): ExternE. Externalities of Energy, Methodology 2005 Update, European Commission Directorate-General for Research, Sustainable Energy Systems, EUR 21951, 2005
- <sup>123</sup> DETR 1999: Review of Studies On External Costs of Noise, Environment Protection Economics Division, DETR (jetzt DEFRA) 1999
- <sup>124</sup> Bateman, I., Day, B., Lake, I., Lovett, A.: The Effect of Road Traffic on Residential Property Values: A Literature Review and Hedonic Pricing Study, Edinburgh 2000
- <sup>125</sup> Working Group on Health and Socio-Economic Aspects: Valuation of Noise, Position Paper, 2003
- <sup>126</sup> Bickel, P., Schmid, S.: UNITE, Marginal Costs Case Study 9D: Urban Road and Rail Case Studies Germany, DRAFT, Version 02, 2002
- <sup>127</sup> Schreyer, C., Schneider, C., Maibach, M., Rothengatter, W., Doll, C., Schmedding, D.: External costs of transport, Update Study, Final Report, INFRAS / IWW, Zürich / Karlsruhe 2004
- <sup>128</sup> Hunt, A.: Monetary valuation of noise effects. Prepared for the EC UNITE Project (subcontracted to IER-University of Stuttgart). Metroeconomica Ltd., Draft final report, 2001
- <sup>129</sup> Navrud, S., Trædal, Y., Hunt, A., Longo, A., Greßmann, A., Leon, C., Espino, R., Markovits-Somogyi, R., Meszaros, F.: Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment (HEATCO), Deliverable four, Economic values for key impacts valued in the Stated Preference surveys, 2006
- <sup>130</sup> Lambert, J., Poisson, F., Champlovier, P.: Valuing benefits of a road traffic noise abatement programme: a contingent valuation study. INRETS-LTE, Bron, France, Paper vorgestellt auf dem 17th International Congress on Acoustics, Rom, September 2001
- <sup>131</sup> Maibach, M., Sieber, N., Bertenrath, R., Ewringmann, D., Koch, L., Thöne, M., Bickel, P.: Praktische Anwendung der Methodenkonvention – Möglichkeiten der Berücksichtigung externer Umweltkosten bei Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen von öffentlichen Investitionen, Endbericht zum UFOPLAN-Vorhaben 203 14 127, Zürich / Köln 2007
- <sup>132</sup> Maibach, M., Schreyer, C., Sutter, D. van Essen, H.P., Boon, B.H., Smokers, R., Schroten, A., Doll, C., Pawlowska, B., Bak, M.: Handbook on estimation of external cost in the transport sector, Produced within the study Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport (IMPACT), Delft 2007
- <sup>133</sup> Weinberger, M., Thomassen, H.G., Willeke, R.: Kosten des Lärms in der Bundesrepublik Deutschland, Berichte 9/91, Umweltbundesamt, Berlin 1991
- <sup>134</sup> Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (EWS-97), Köln 1997
- <sup>135</sup> Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Richtlinie für die Anlage von Straßen, Teil: Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen (RAS-W), Köln 1986
- <sup>136</sup> Powell, C. A.: A summation and inhibition model of annoyance response to multiple community noise sources, NASA Technical Paper 1479, 1999
- <sup>137</sup> Miedema, H.M.E.: Annoyance caused by two Noise Sources Journal of Sound and Vibration 98(1985)592-595
- <sup>138</sup> Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.): Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik, Bundesverkehrswegeplan 2003
- <sup>139</sup> Bayrisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.): Studie zur Kostenverhältnismäßigkeit von Schallschutzmaßnahmen – Grundsätze für die Prüfung nach § 41 Abs. 2 BImSchG, Augsburg 2005
- <sup>140</sup> PLANCO Consulting GmbH: Modernisierung der Verfahren zur Schätzung der volkswirtschaftlichen Rentabilität von Projekten der Bundesverkehrswegeplanung – FE-Vorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Schlussbericht, 1999
- <sup>141</sup> Ecoplan: Externe Kosten im Straßenverkehr. Grundlagen für die Durchführung einer Kosten-Nutzen-Analyse, Schweizerischer Verband der Straßen- und Verkehrsfachleute, Bern 2007
- <sup>142</sup> Müller-Wenk, R.: Zurechnung von lärmbedingten Gesundheitsschäden auf den Straßenverkehr, Schriftenreihe Umwelt Nr. 339. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern 2002
- <sup>143</sup> Oliva, C.: Belastungen der Bevölkerung durch Flug- und Straßenlärm, Berlin 1998
- <sup>144</sup> Ising, H.: Das Herzinfarktrisiko aufgrund von Verkehrslärm im Vergleich zu Krankheitsrisiken durch Luftverschmutzung, Referattext, 9. Konferenz Verkehrslärm, 29.9.-1.10.2000, Dresden



# Lärmbelästigung in Baden-Württemberg

 Ergebnisse sozialwissenschaftlicher Untersuchungen



Baden-Württemberg  
LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ



## IMPRESSUM

<b>Herausgeber</b>	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 76157 Karlsruhe · Postfach 21 07 52 <a href="http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de">www.lfu.baden-wuerttemberg.de</a>  November 2004
<b>Bearbeitung</b>	ZEUS – Zentrum für angewandte Psychologie, Umwelt- und Sozialforschung GmbH 44799 Bochum · Universitätsstr. 142
<b>Bezug über</b>	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Referat 33 · Luftqualität, Lärm, Verkehr Download: <a href="http://www2.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/uis/laerm.html">www2.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/uis/laerm.html</a>
<b>Titelbild</b>	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Referat 33 · Luftqualität, Lärm, Verkehr

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>III</b>
<b>1. Zusammenfassung.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Einleitung .....</b>	<b>6</b>
<b>3. Erhebungsinstrument .....</b>	<b>6</b>
3.1 Itemanalysen zur Bildung zusammenfassender Scores .....	6
<b>4. Durchführung.....</b>	<b>8</b>
4.1 Stichprobenziehung.....	8
4.2 Feldarbeiten .....	8
4.2.1 Ausschöpfungsquote.....	9
<b>5. Ergebnisse .....</b>	<b>9</b>
5.1 Stellenwert von Lärm als Umweltproblem in Baden-Württemberg.....	9
5.2 Allgemeine Lärmbelastigung der Bevölkerung.....	10
5.3 Belästigung durch einzelne Lärmquellen .....	12
5.3.1 Straßenverkehrslärm.....	14
5.3.2 Fluglärm .....	15
5.3.3 Schienenverkehrslärm .....	16
5.3.4 Gewerbe- und Industrielärm.....	17
5.3.5 Lärm durch Freizeit- und Sportanlagen.....	17
5.3.6 Nachbarschaftslärm .....	18
5.3.7 Belästigung durch sonstige Quellen.....	18
5.4 Hauptlärmquellen .....	19
5.4.1 Ausmaß der Belästigung durch die Hauptlärmquelle.....	20
5.5 Anteil einzelner Lärmquellen an der Gesamtbelästigung.....	21
5.6 Lärmbedingte Störungen alltäglicher Aktivitäten .....	23
5.7 Räumliches und zeitliches Auftreten des Lärms .....	26
5.7.1 Entfernung zur Hauptlärmquelle .....	26
5.7.2 Tageszeiten, zu denen sich Geräusche bemerkbar machen/belästigen .....	27
5.8 Bewältigung von Lärm.....	29
5.8.1 Maßnahmen gegen den Lärm der am stärksten belästigenden Lärmquelle.....	30
5.8.2 Aktivitäten der Lärmbelästigten gegen den Lärm in ihrem Wohngebiet.....	32
5.8.3 Zusammenhang zwischen Lärmbelästigung und Lärmbewältigung .....	33
5.9 Vorschläge der Befragten zur Lärminderung .....	36
5.10 Nichtakustische Einflussgrößen auf die Lärmbelästigung .....	37
5.10.1 Moderatorvariablen .....	38
5.10.2 Sonstige Einflussgrößen auf die Lärmbelästigung.....	44
<b>6. Literatur .....</b>	<b>49</b>

## 1. Zusammenfassung

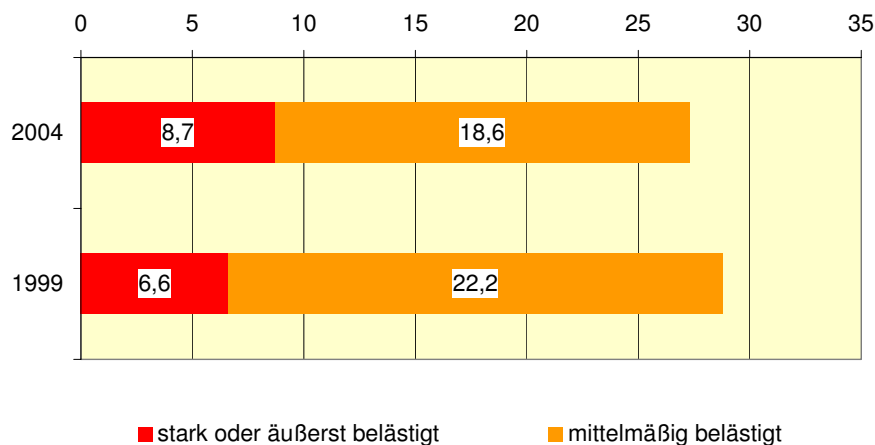
Lärm stellt in Baden-Württemberg das wichtigste Umweltproblem dar. Mehr als ein Viertel der Bevölkerung (27,3%) fühlt sich durch Lärm nicht nur geringfügig belästigt. Der Anteil hoch belästigter Personen, die den Grad ihrer Belästigung mit „stark“ oder „äußerst“ angeben, beträgt knapp 9%. Im Vergleich zum Jahr 1999 ist der Anteil lärmbelästigter Personen insgesamt von 28,8% geringfügig auf 27,3% gesunken. Der Anteil hoch belästigter Personen ist jedoch von 6,6 auf 8,7%, also um mehr als 2% gestie-

gen. Der Anteil der Menschen, die sich 1999 überhaupt nicht (42,9%) oder nur geringfügig (28,4%) durch Lärm belästigt fühlten, ist im Jahr 2004 ebenfalls geringfügig gestiegen (44,5% bzw. 28,1%).

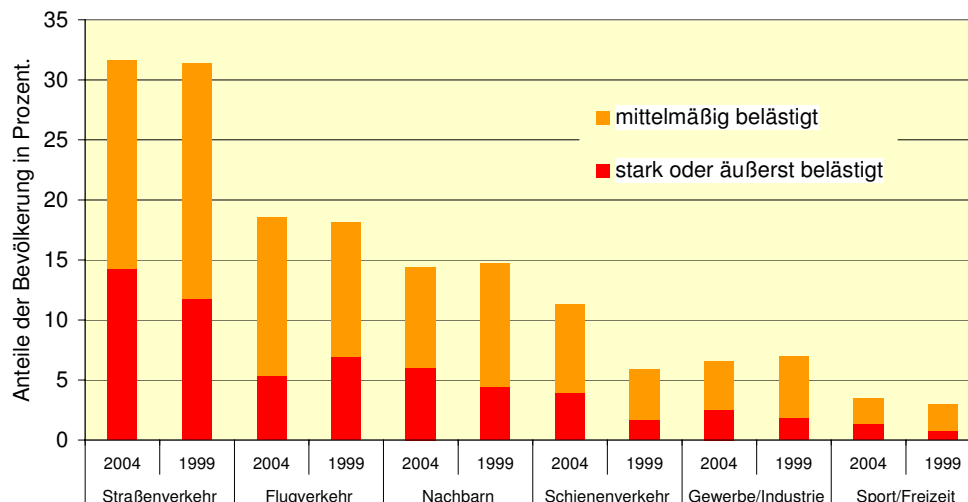
In der öffentlichen Wahrnehmung stehen als weitere wichtige Umweltprobleme der Flächenverbrauch, die Strahlung durch Mobilfunk sowie Veränderungen des Klimas im Vordergrund.

Allgemeine Lärmbelästigung der Bevölkerung  
in Baden-Württemberg 1999/2004

Angaben in Prozent



Belästigung durch verschiedene Quellen  
1999 und 2004 im Vergleich



Bei Betrachtung der unterschiedlichen Lärmquellen ergibt sich ein differenziertes Bild. Die stärkste Belästigung geht nach wie vor vom Straßenverkehr aus. Hiervon fühlen sich 31,7% mittelmäßig, stark oder äußerst belästigt. Danach folgen der Flugverkehr (18,6 %), laute Nachbarn (14,4%) und der Schienenverkehr (11,3%). Von Gewerbe- und Industrieanlagen sowie Sport- und Freizeiteinrichtungen gehen hingegen vergleichsweise geringe Belästigungen aus (6,6% bzw. 3,5%). Gegenüber der Befragung von 1999 ist die Belästigung durch Schienenverkehr von 5,9% auf 11,3% am stärksten angestiegen.

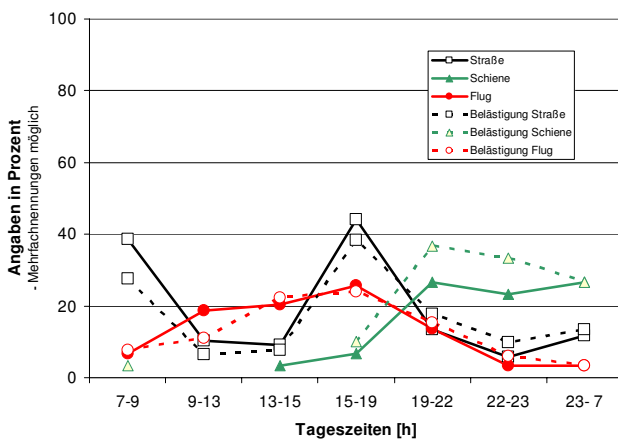
Insgesamt treten die größten Störungen durch Lärm im Außenbereich, also auf dem Balkon, der Terrasse oder im Garten auf. Die Befragten fühlen sich dort sowohl in ihrer Ruhe als auch bei Unterhaltungen durch den Lärm gestört. Störungen der Ruhe im Innenbereich, gefolgt von Kommunikationsstörungen innen sowie Schlafstörungen sind weniger deutlich ausgeprägt.

Aus Sicht der Befragten ist das Lärmaufkommen durch Straßenverkehr in den Morgenstunden

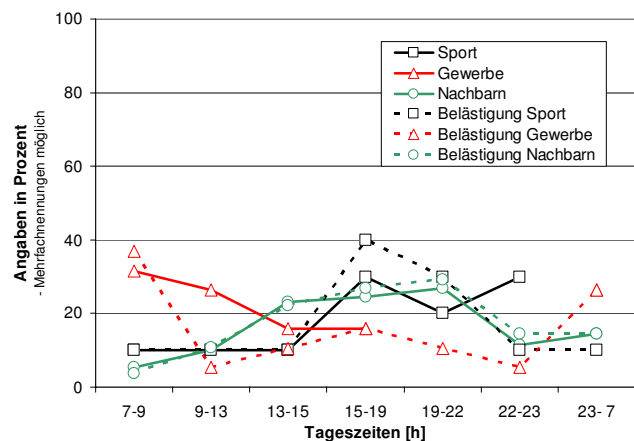
sowie nachmittags zwischen 15 und 19 Uhr am höchsten, Lärm durch den Schienenverkehr macht sich abends und nachts bemerkbar. Fluglärm tritt nach Angaben der Befragten ebenfalls vor allem zwischen 15-19 Uhr, jedoch auch in den Morgenstunden und während der Mittagsruhe (13-15 Uhr) auf. Sport- und Freizeitlärm ist überwiegend in den Nachmittagsstunden zwischen 15 und 19 Uhr sowie abends zwischen 19 und 23 Uhr zu hören. Gewerbe- und Industrielärm tritt besonders in den Morgenstunden zwischen 6 und 9 Uhr auf sowie auch nachts zwischen 23 und 7 Uhr auf. Der Lärm von Nachbarn ist ebenfalls überwiegend in den Nachmittags- bis Abendstunden zu hören.

Insgesamt sind, vor allem in den Abend- und Nachtstunden, auffallend viele Personen durch Schienenverkehrsgeräusche belästigt, ihr Anteil ist größer als die Anzahl der Personen, die angeben, zu dieser Zeit Schienenverkehrslärm überhaupt in auffälligem Maß zu hören. Dieses spricht möglicherweise dafür, dass sich auch die Unzufriedenheit vieler Bahnkunden in diesen Urteilen widerspiegelt.

Tageszeiten besonderer Belastung und Belästigung



Tageszeiten besonderer Belastung und Belästigung



Maßnahmen, die zu einer Verringerung der Lärmbelästigung führen, werden von einem großen Teil der Bevölkerung als dringlich eingestuft. Sie sollten vorrangig beim Straßenverkehr einsetzen, da hier das Lärmproblem am gravierendsten ist. Die Betroffenen selbst schlagen an erster Stelle veränderte Straßenführungen, Lärminderungen an der Quelle sowie Geschwindigkeitsbegrenzungen vor, um die Belästigungen zu mindern.

Der Einbau von Schallschutzfenstern allein ist kein ausreichender Schutz der Anwohner vor unerwünschten Lärmwirkungen, da Störungen der Kommunikation, der Ruhe und der Erholung vorwiegend im Außenbereich der Wohnung/des Hauses auftreten und Schallschutzfenster ihre Wirkung nur im geschlossenen Zustand entfalten können. Mit dem Schließen der Fenster sind aber Begleiteffekte verbunden, die sich negativ auf die Bewertung des Lärms auswirken können (Belüftungsprobleme, mangelnde soziale Kontrolle über den Außenbereich, z.B. werden spielende Kinder durch ein geschlossenes Schallschutzfenster nicht gehört). Das zeigt sich auch in dem Ergebnis, dass die Belästigung durch Straßenverkehrslärm bei Personen, die ihr Fenster überwiegend geschlossen halten, größer ist als bei Personen, die ihr Fenster überwiegend offen haben. Um den negativen Effekt des dauerhaft geschlossenen Fensters zu mildern, ohne auf die schallschützende Funktion der Fenster zu verzichten, könnte eine Kombination mit einer zeitlichen Begrenzung des Verkehrsaufkommens angestrebt werden.

Die Lärmbetroffenen wünschen sich eine stärkere Einbindung und Beteiligung bei lärmrelevanten Entscheidungen. Maßnahmen, die zur Verbesserung der Lärmsituation ergriffen werden, sollten besser öffentlich vermittelt werden. Ein

Ergebnis der Untersuchung war auch: Die Lärmbelästigung ist geringer, wenn dem für die Lärmquelle Verantwortlichen ein ehrliches Bemühen um Verbesserung der Situation zugebilligt wird. Vertrauensbildende Maßnahmen tragen also das Potenzial in sich, unabhängig von der tatsächlich erreichten Verbesserung einer Lärmsituation zur Reduktion der Lärmbelästigung beizutragen.

Im Bereich der Verantwortungszuschreibung für mehr Ruhe im Wohngebiet hat es eine interessante Veränderung gegenüber der Erhebung vor fünf Jahren gegeben: Der Anteil derjenigen Personen, die die Autofahrer selbst als Lärmverantwortliche sehen, ist im Jahr 2004 um knapp 10% gesunken, dafür wird nun den kommunalen Behörden mehr Verantwortung zugeschrieben. Genau umgekehrt verhält es sich beim Schienenverkehrslärm: Hier ist der Anteil der Personen, die die Deutsche Bahn AG als Hauptverantwortliche sehen, um 11% gestiegen. An zweiter Stelle der Verantwortlichen stehen dann aber nicht mehr die öffentlichen Verkehrsunternehmen, deren Anteil 1999 noch bei 17,7% lag, sondern der Staat bzw. die Regierung mit einem Anteil von 13%.

Wohnzufriedenheit und Belästigung durch Lärm bedingen sich gegenseitig. Personen, die zufrieden mit ihrer Wohnsituation sind, sind meistens auch nicht so stark durch Lärm belästigt. Personen, die stark durch Lärm belästigt sind, sind meistens mit ihrer Wohnsituation eher unzufrieden. Lärmreduzierende Maßnahmen werden aller Voraussicht nach zu einem Anstieg der Wohnzufriedenheit führen. Die Untersuchung hat gezeigt, dass gerade im Bereich des Nachbarschaftslärms noch ein großes Verbesserungspotenzial besteht.

## 2. Einleitung

Das Land Baden-Württemberg – vertreten durch die Landesanstalt für Umweltschutz – sieht einen Schwerpunkt seiner Arbeit in der Bekämpfung des Umweltproblems „Lärm“. Als wesentliche Voraussetzung für die Ableitung und Priorisierung von Maßnahmen ist die Ermittlung und Beschreibung der momentanen Lärmsituation in Baden-Württemberg. Hierzu wurde im Juni/Juli 2004 von der ZEUS GmbH in Zusammenarbeit mit dem SUZ Duisburg eine landesweite repräsentative Umfrage der Bevölkerung in Baden-Württemberg durchgeführt. Insgesamt rund 1000 Personen wurden zum Thema Lärm befragt. Gewünscht war die Vergleichbarkeit mit der im Jahr 1999 durchgeführten Lärmumfrage, die ihrerseits an bestehende bundesweite Lärmbefragungen anknüpft sowie internationale Vereinbarungen zur Erfassung der generellen Lärmbelästigung berücksichtigt.

Die Erhebung zur Lärmbelästigung in Baden-Württemberg erfolgte in Form telefonischer Interviews mittels standardisierter Fragebögen. Die Befragung konzentrierte sich auf das Thema der Lärmbelästigung im Wohnbereich der Bevölkerung. Fragen zur Lärmbelästigung am Arbeitsplatz wurden nicht vorgegeben, im Einzelnen hatten die Befragten in einer offenen Frage Gelegenheit, dieses Thema anzusprechen.

Die vorliegende Dokumentation gliedert sich in fünf Kapitel. Nach der Einleitung (Kapitel 1) wird im Kapitel 2 der Aufbau und Inhalt des Erhebungsinstruments vorgestellt, Ergänzungen zur 1999er Studie werden dargestellt. Kapitel 3 beschreibt die Feldarbeiten. In Kapitel 4 werden die Ergebnisse der Befragung abgebildet. Kapitel 5 fasst die Ergebnisse zusammen und gibt im Sinne eines Ausblicks Hinweise auf mögliche Maßnahmen sowie deren Priorisierung gemäß der erhobenen Vorschläge und Bedürfnisse der Befragten.

## 3. Erhebungsinstrument

Der Fragebogen wurde von der ZEUS GmbH in Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber bereits für die letzte Befragung im Jahr 1999 entwickelt. Eine Anpassung für die 2004er Befragung erfolgte so, dass die Vergleichbarkeit nicht gefährdet wurde. Die aktuelle Version beinhaltet Fragen bzw. Items

- zur allgemeinen und quellspezifischen Störung und Belästigung durch Lärm sowie zur Lärmbewältigung;
- zur Wohnsituation und Wohnzufriedenheit der Probanden;
- zu moderierenden nicht-akustischen Einflüssen auf die Lärmbelästigung (z.B. persönliche Lärmempfindlichkeit, Vertrauen gegenüber politisch Verantwortlichen);
- zu Lärmschutzmaßnahmen;
- zu soziodemografischen Faktoren.

Modifiziert wurde der Frageteil zu Umweltproblemen, die aus Sicht der Befragten in ihrer häuslichen Umgebung vorhanden sind. Hier wurden aktuelle Themen wie *Strahlung aufgrund von Mobilfunk* sowie *Flächenverbrauch* aufgenommen. Bezogen auf Tageszeiten wurde nicht nur nach Uhrzeiten gefragt, zu denen störende Geräusche wahrgenommen werden, sondern es wurde zusätzlich gefragt, zu welchen Tageszeiten Geräusche besonders belästigen.

Ein Muster des Fragebogens findet sich im Anhang.

### 3.1 Itemanalysen zur Bildung zusammenfassender Scores

Zur Erhöhung der Messgenauigkeit der erhobenen Variablen bei gleichzeitiger Reduktion des Datenmaterials wurden bei einem Teil der Fragenkomplexe aus untereinander ähnlichen Fragen (Items) zusammenfassende Scores gebildet. Statistische Grundlage waren die Analysen aus der Vorgängeruntersuchung im Jahr 1999. Um zu prüfen, ob auch die aktuellen Daten sich unter den damals gebildeten Gesichtspunkten zusammenfassen lassen, wurden Reliabilitätsberechnungen zur internen Konsistenz durchgeführt. Hierbei liefert der Koeffizient Cronbachs Alpha Aufschluss über die Messgenauigkeit (Re-

liabilität), die sich aus der Zusammenfassung homogener Fragen zu einem Wert ergibt.

Wie Tabelle 3.1 zeigt, weisen alle Variablengruppierungen ausreichend hohe Zusammenhangsmaße für die weiteren Berechnungen auf. So ist eine optimale Vergleichbarkeit mit den Daten der 1999er Studie gegeben.

Die Fragen 18.1-18.10 (Maßnahmen gegen den Lärm der Hauptlärmquelle) werden zu einem Wert zusammengefasst (MASSNAHM), der die Häufigkeit, mit der Maßnahmen gegen störenden Lärm der Hauptlärmquelle ergriffen werden, beschreibt. Die Items zu den durch Lärm verur-

sachten Störungen von Aktivitäten lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Störungen am Tage und Störungen in der Nacht (d.h. während des Schlafs);
- Störungen innerhalb der Wohnung oder außerhalb der Wohnung;
- Kommunikation innerhalb und außerhalb der Wohnung;
- Störungen der Ruhe und Konzentration.

Tabelle 3-1: Zusammenfassende Scores zu lärmbedingten Störungen und Maßnahmen gegen Lärm

Variablenname	Bedeutung	Enthaltene Items	Cronbachs Alpha <sup>1</sup>
<b>Lärmbedingte Störungen</b>			
KOMINN	Störung der Kommunikation innerhalb der Wohnung	15.1; 15.2; 15.5	0,78
KOMAUSS	Störung der Kommunikation außerhalb der Wohnung	15.6	1,00
RUHEINN	Störung der Ruhe und Konzentration in der Wohnung	15.3; 15.4	0,78
RUHEAUSS	Störung der Ruhe außerhalb der Wohnung	15.7	1,00
SCHLAFSTR	Schlafstörungen	15.8; 15.9	0,81
TAGSTRG	Störungen tagsüber	15.1 – 15.7	0,87
STRGAUSS	Störungen außen	15.6; 15.7	0,88
STRGINN	Störungen innen	15.1 – 15.5	0,85
<b>Maßnahmen gegen Lärm</b>			
MASSNAHM	Maßnahmen gegen die Belästigung durch die Hauptlärmquelle	18.1 – 18.10	0,83

<sup>1</sup> Cronbachs Alpha dient als Maß für die Homogenität bzw. die innere Konsistenz einer Gruppe von Items. Der Koeffizient kann Werte zwischen 0 und 1,0 annehmen. Die 1,0 drückt einen hohen Zusammenhang (Korrelation) der Items untereinander aus, d.h. sie erfassen etwas Ähnliches. Werte nahe 0 dagegen bedeuten, dass die Items etwas Unterschiedliches erfassen.



## 4. Durchführung

### 4.1 Stichprobenziehung

Grundgesamtheit war die in Privathaushalten mit Telefonanschluss lebende Wohnbevölkerung im Alter von 18 Jahren und älter mit Hauptwohnsitz in Baden-Württemberg. Die Auswahl der Befragten erfolgte in zwei Stufen:

- Auf der ersten Stufe erfolgte eine Auswahl der Privathaushalte mit Telefonanschluss und
- auf der zweiten Stufe wurde die Zielperson im Haushalt identifiziert. Dies geschieht nach der Last Birthday Methode. Dabei wird diejenige Zielperson im Haushalt ausgewählt, die zuletzt Geburtstag hatte und mindestens 18 Jahre alt ist.

Eine Zufallsauswahl ist durch die Vollständigkeit der Auswahlgrundlage, die Kenntnis der Auswahlwahrscheinlichkeiten der Stichproben sowie eine Inklusionswahrscheinlichkeit größer als Null für die Inklusion von Untersuchungseinheiten in einer Stichprobe. Das einzige in der BRD anwendbare Verfahren, das für Telefonbefragungen diese beiden Merkmale aufweist, ist das beim ZUMA (Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen, Mannheim) entwickelte Verfahren von Gabler und Häder, das – mathematisch begründbar – eine reine einfache Zufallsauswahl bedeutet: Jeder Haushalt mit Telefonanschluss hat die gleiche berechenbare Chance, in die Stichprobe zu gelangen.

Folgende Vorgehensweise kam bei der Ziehung der Telefon- Nr. zum Einsatz:

- Zusammenführung aller Rufnummern in Gemeinden Baden-Württembergs mit Eintrag im öffentlichen Telefonverzeichnis;
- Durchführung des Gabler-Häder-Verfahrens;
- Zufallsziehung (12.500) aus dieser Obermenge von Rufnummern;
- Identifizierung der eingetragenen und nicht eingetragenen Rufnummern;
- Löschung eindeutiger Nicht-Privathaushalte und Faxnummern unter den eingetragenen Rufnummern;
- Löschung potentieller ISDN-Haushalte mit Telefonbuch- Eintrag (2./3. Eintrag);

- Zuordnung der amtlichen Gemeindegemeinschaftsnummer (Statistisches Bundesamt).

Für die Qualität der Nettostichprobe ist auch die Anzahl der Kontaktversuche von großer Bedeutung. Als Anzahl der Kontaktversuche wurde im vorliegenden Fall eine Anzahl von zehn vorgegeben.

### 4.2 Feldarbeiten

Durchgeführt wurden insgesamt 10 Pretestinterviews. Da der Fragebogen bereits 1999 telefonisch zum Einsatz gekommen war, ergab sich durch den Pretest erwartungsgemäß kein Änderungsbedarf. Auch die eingeführten Modifikationen erwiesen sich im telefonischen Interview als gut handhabbar. Die Nettogesprächsdauer der Pretestinterviews lag mit durchschnittlich 25 min. im vereinbarten Rahmen, so dass auch keine Kürzungen vorgenommen werden mussten.

Die Feldarbeiten begannen am 14.06.2004 und endeten am 03.07.2004. Die Feldlaufzeit war so eingerichtet worden, dass die Arbeiten vor dem Beginn der Sommerferien abgeschlossen werden konnten. Erfahrungsgemäß legen ältere Bevölkerungsgruppen ihren Urlaub häufiger in die Vorsaison, und es sind gerade die älteren Bevölkerungsgruppen, die für ein längeres Telefoninterview schwerer gewonnen werden können. Angesichts der längeren Feldlaufzeit konnten aber auch die älteren Bevölkerungsgruppen in einem ausreichenden Maße für die Teilnahme an dieser Studie gewonnen werden.

Insgesamt haben 41 Interviewer an den Befragungsarbeiten teilgenommen. Die durchschnittliche Anzahl der durchgeführten Befragungen lag bei rund 1,5 Interviews pro Stunde und Interviewer. Alle an dieser Studie beteiligten Interviewer sind von zwei permanent anwesenden Diplom-Sozialwissenschaftlern bzw. Diplom-Wirtschaftswissenschaftlern geschult und unterstützt worden. Die durchschnittliche Nettointerviewzeit ohne die zwei- bis dreiminütige Kontaktierungs- und Rekrutierungshase betrug ca. 24 Minuten.

### 4.2.1 Ausschöpfungsquote

Die Ausschöpfung der bereinigten Brutto- Stichprobe ist mit fast 40 % als sehr gut einzuschätzen.

Tabelle 4-1: Ausschöpfung der Stichprobe

<b>Telefon-Nr. insgesamt</b>	<b>12.500</b>	<b>100,0%</b>
<b>Stichprobenneutrale Ausfälle</b>		
kein Anschluss	6.011	48,0%
Geschäftsanschluss	242	1,9%
ständig besetzt	67	0,5%
Verständigungsschwierigkeiten	294	2,4%
Summe		52,8%
<b>Bereinigtes Brutto I</b>	<b>5.881</b>	<b>100,0%</b>
Freizeichen	2.047	34,8%
Anrufbeantworter	876	14,9%
Fax, Modem	362	6,2%
Summe	3.285	55,9%
<b>Bereinigtes Brutto II</b>	<b>2.596</b>	<b>100,0%</b>
Verweigerer		
ZP hat keine Zeit	136	5,2%
ZP hat kein Interesse	415	16,0%
Haushalt verweigert ohne Gründe	807	31,1%
Nicht angetroffen		
ZP in Feldzeit nicht erreichbar	109	4,2%
Termin nicht in Feldzeit	83	3,2%
Abbruch	20	0,8%
Summe		
<b>realisierte Interviews</b>	<b>1.026</b>	<b>39,5%</b>

## 5. Ergebnisse

Die Auswertung der Daten bezieht sich auf das Land Baden-Württemberg, kleinere Analyseeinheiten wie Regierungsbezirke oder Gemeindegrößen wurden in der 2004er Studie nicht berücksichtigt. Die Darstellung der Befunde erfolgt an den wichtigsten Stellen im Vergleich zu den Ergebnissen der 1999er Untersuchung.

Zunächst wird der Stellenwert von Lärm als Umweltproblem in Baden-Württemberg dargestellt (5.1), dann die allgemeine Lärmbelästigung (5.2) sowie die Belästigung durch einzelne Lärmquellen (5.3) und das Ausmaß der Belästigung durch die zu Hause am meisten störende Quelle (5.4) berichtet. Der Beitrag einzelner Quellen an der gesamten Lärmbelästigung wird untersucht, wobei die Ergebnisse dieser Analyse aufgrund fehlender Daten zur Schallbelastung mit Einschränkung zu interpretieren sind. (5.5). Die Störungen von Aktivitäten im Alltag, die durch Lärm verursacht werden, werden im Bezug zur Hauptlärmquelle des Befragten dargestellt (5.6). Das räumliche und zeitliche Auftreten der Geräusche sowie der resultierenden Lärmbelästigung wird analysiert und abgebildet (5.7). Es wird berichtet, welche Maßnahmen und Aktivitäten die Betroffenen gegen Lärm unternehmen und wie der Zusammenhang zwischen der Lärmbewältigung und der Belästigung durch Lärm sich gestaltet (5.8). Die von den Betroffenen selbst vorgeschlagenen Maßnahmen werden in aufbereiteter Form dargestellt (5.9). Es wird untersucht, welche nicht-akustischen Einflussgrößen auf die Belästigung durch Lärm wirksam geworden sind (5.10).

### 5.1 Stellenwert von Lärm als Umweltproblem in Baden-Württemberg

Noch bevor die Befragten wussten, dass es in der Befragung um das Thema Lärm geht, wurden sie gebeten, aus einer Reihe potenzieller Umweltprobleme die beiden wichtigsten Umweltprobleme in der eigenen Wohngegend zu nennen (Tabelle 5-1 und Tabelle 5-2).

Tabelle 5-1: Wichtigstes Umweltproblem in der Wohngegend

Umweltaspekte	„Was ist das wichtigste Umweltproblem in Ihrer Wohngegend?“	
	2004	1999
(Angaben in Prozent)		
Lärm	17,1	23,5
Flächenverbrauch	10,5	nicht erfragt
Strahlung durch Mobilfunk	8,4	nicht erfragt
Klimaveränderungen	6,3	12,8
Geruchsbelästigung	5,8	10,8
Müll	5,2	9,0
schlechte Luftqualität	4,9	nicht erfragt
schlechte Wasserqualität	4,4	nicht erfragt
Energieverbrauch	3,5	15,8
Umweltgifte	nicht erfragt	8,3
keines davon	33,9	19,9
Anzahl der Antwortenden	1026	1908
% der Antwortenden	100,0	95,4

Landesweit wird Lärm als wichtigstes Umweltproblem im Wohngebiet der Befragten genannt. Zweitwichtigstes Umweltproblem in der Wohngegend der Befragten stellt der Flächenverbrauch dar. Beide Problembereiche werden, wenn sie nicht als wichtigstes Problem beurteilt wurden, bei der Nennung als zweitwichtigstes Problem am häufigsten angegeben. Insgesamt kann Lärm aus der Sicht der Bevölkerung also weiterhin als Umweltproblem Nr. 1 in der eigenen Wohngegend betrachtet werden. Im Vergleich zu 1999 zeigen sich Unterschiede in der Priorisierung der weiteren Umweltprobleme: Während 1999 neben dem Lärm vor allem Energie- und Klimafragen als problematisch gesehen wurden, sind es 2004 der Flächenverbrauch und als neue Aspekte Strahlung durch Mobilfunk sowie schlechte Luftqualität.

Tabelle 5-2: Zweitwichtigstes Umweltproblem in der Wohngegend

Umweltaspekte	„Und welches davon ist das zweitwichtigste?“	
	2004	1999
Lärm	12,8	13,0
Flächenverbrauch	11,8	
Klimaveränderungen	9,7	16,7
schlechte Luftqualität	8,7	nicht erfragt
Energieverbrauch	8,7	20,0
Strahlung durch Mobilfunk	7,2	nicht erfragt
Müll	6,5	13,5
Geruchsbelästigung	5,9	11,4
schlechte Wasserqualität	4,3	nicht erfragt
Umweltgifte	nicht erfragt	14,1
keines davon	24,3	11,3
Anzahl der Antwortenden	678	1457
% der Antwortenden	66,1	72,8

Schließt man die 2004 neu hinzugenommenen Kategorien aus der Betrachtung aus, ergibt sich die Problemreihenfolge Lärm (23,7% Nennungen), Klimaveränderungen (8,8%), Geruchsbelästigung (8,1%), Müll (7,2%) und Energieverbrauch (4,9%).

## 5.2 Allgemeine Lärmbelästigung der Bevölkerung

Um zu erfassen, in welchem Ausmaß die Bevölkerung Baden-Württembergs durch Lärm belästigt wird, wurde eine ganze Reihe von Fragen mit zunehmender Spezifizierung gestellt. Zunächst wurde erfasst, wie die Lärmbelästigung allgemein, also ohne Berücksichtigung konkreter einzelner Lärmverursacher, ausgeprägt ist. Die entsprechende Frage wurde aufgrund internationaler Bemühungen standardisiert und wird in dieser Form beispielsweise auch in Untersuchungen des Umweltbundesamts eingesetzt. Sie

lautet: „Wenn Sie einmal an die letzten 12 Monate hier bei Ihnen denken, wie stark haben Sie sich insgesamt durch Lärm gestört oder belästigt gefühlt?“ Die Antwortverteilungen hierzu zeigt die Tabelle 5-3.

*Tabelle 5-3: Generelle Lärmbelästigung zu Hause<sup>2</sup>.*

<b>Lärmbelästigung insgesamt</b>	2004	1999	UBA 2004
	Häufigkeit in %		
äußerst	2,1	1,8	2
stark	6,6	4,8	6
mittelmäßig	18,6	22,2	19
etwas	28,1	28,4	35
überhaupt nicht	44,5	42,9	38
belästigt	27,3	28,8	27
hoch belästigt	8,7	6,6	8
Mittelwert	1,94	1,94	1,99
Anz. Befragter	1024	1996	2361

Quelle UBA-Daten: Kuckartz & Rheingans-Heintze, 2004

In Baden-Württemberg sind 44,5 % der Bevölkerung nicht durch Lärm belästigt, dies sind 1,6% mehr als 1999 und 6,5% mehr als im Bundesdurchschnitt. Jedoch gibt es auch Teile der Bevölkerung, die erheblich unter dem Lärm zu leiden haben: Der Anteil derjenigen, die eine mindestens mittelmäßige, starke bzw. äußerst starke Belästigung angeben, beträgt 27,3%, 8,7% sind stark oder äußerst belästigt. Dieser Wert liegt geringfügig über dem Bundesdurchschnitt, und auch im Vergleich zu 1999 ist der Anteil stark Belästigter um etwa 2% gestiegen.

<sup>2</sup> Für die bessere Lesbarkeit sind die Ergebnisse mit einer Dezimalstelle dargestellt, Abweichungen von 100% sind durch Rundungsfehler begründet.

### 5.3 Belästigung durch einzelne Lärmquellen

Für die Lärmbelastung spielen vor allem Verkehrsträger eine entscheidende Rolle, aber auch laute Nachbarn, Sport- und Freizeitanlagen sowie Gewerbe- und Industriebetriebe sind von

Bedeutung. Abbildung 5-1 zeigt, wieviele Personen in Baden-Württemberg mittelmäßig, stark oder äußerst durch den Lärm der einzelnen Quellen belästigt sind. Tabelle 5-4 zeigt ergänzende Daten für Baden-Württemberg und den Bundesdurchschnitt.

Belästigung durch verschiedene Quellen  
1999 und 2004 im Vergleich

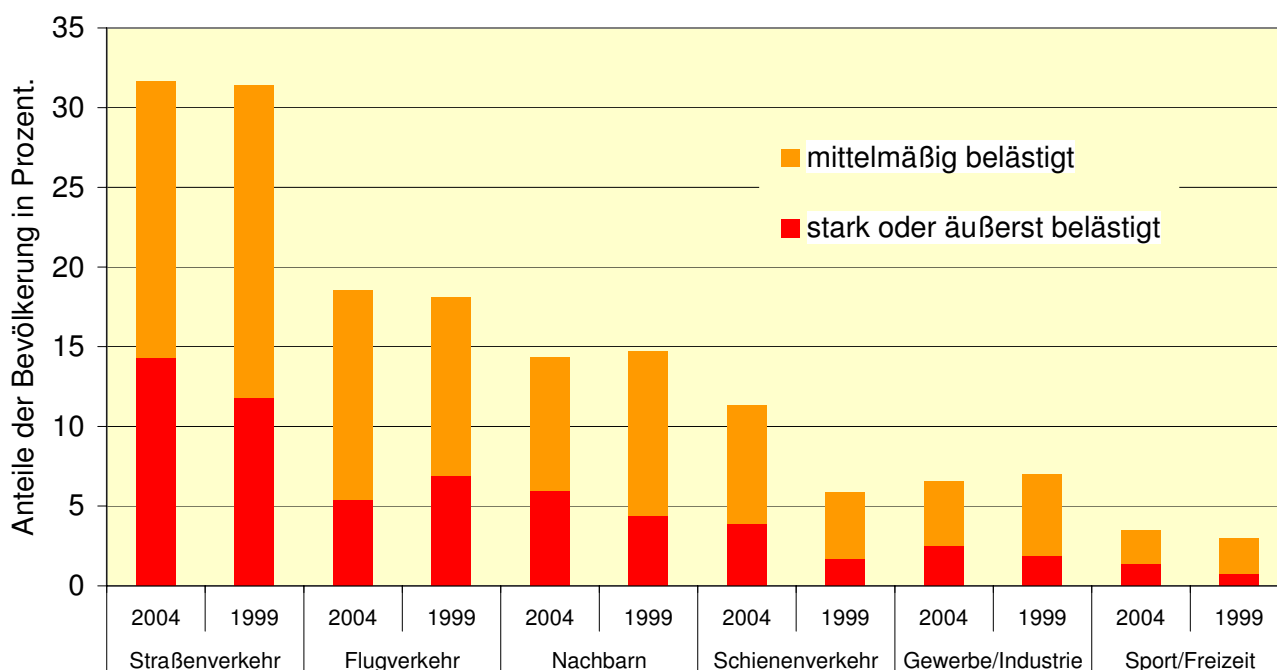


Abbildung 5-1: Quellspezifische Lärmbelastung in Baden-Württemberg 2004 und 1999

Die stärkste Lärmbelastung ruft der Straßenverkehr hervor, aktuell fühlen sich 31,7% durch diese Lärmquelle mindestens mittelmäßig belästigt, 14,3% geben eine stark oder äußerst starke Belästigung an. Der Anteil stark belästigter Personen ist gegenüber 1999 um 2,5% gestiegen und liegt etwa 4% über dem Bundesdurchschnitt.

An zweiter Stelle rangiert die Belästigung durch Fluglärm, hier sind es im Jahr 2004 18,6% belästigte und 5,4% hoch belästigte Personen in Baden-Württemberg. Gegenüber 1999 ist hier ein Rückgang um 1,5% zu verzeichnen. Gegenüber dem Bundesdurchschnitt ist die Bevölkerung Baden-Württembergs etwas stärker durch Fluglärm beeinträchtigt.

Die Geräusche der Nachbarn stellen für 14,4% der Befragten eine Quelle der Lärmbelastigung dar, 6% fühlen sich durch Nachbarn sogar stark

oder äußerst belästigt. Hier ist im Vergleich zu 1999 ein Anstieg um 1,6% zu verzeichnen.

Die Belästigung durch Schienenverkehrslärm liegt 2004 bei 11,3% und ist damit seit 1999 um 5,4% gestiegen, auch der Anteil stark belästigter Personen hat sich von 1,7% auf 3,9% beinahe verdoppelt und liegt nun leicht über dem Bundesdurchschnitt.

Der Gewerbe- und Industrielärm stellt keine wesentliche Lärmquelle dar, 6,6% der Befragten fühlen sich durch diese Quelle belästigt und 2,5% stark bis äußerst belästigt. Im Vergleich zu 1999 hat es keine bedeutsamen Veränderungen gegeben.

An letzter Stelle der erfragten Lärmverursacher stehen Freizeit- und Sportanlagen, hierdurch fühlen sich 3,5% belästigt und 1,4% stark belästigt.

Tabelle 5-4: Quellspezifische Lärmbelastigung in Baden-Württemberg und im Bundesdurchschnitt

Angaben in %		Baden-Württemberg		UBA	
Befragungsjahr		2004	1999	2004	2002
Straße	überhaupt nicht	44,8	40,4	40	35
	etwas	23,5	28,4	30	28
	mittelmäßig	17,4	19,6	20	20
	stark	9,6	8,5	6	12
	äußerst	4,7	3,3	4	5
	belästigt	31,7	31,4	30	37
	hoch belästigt	14,3	11,8	10	17
Schiene	überhaupt nicht	75,8	87,1	80	77
	etwas	12,9	7,0	12	11
	mittelmäßig	7,4	4,2	5	7
	stark	2,7	1,2	2	4
	äußerst	1,2	0,5	1	1
	belästigt	11,3	5,9	8	12
	hoch belästigt	3,9	1,7	3	5
Flug	überhaupt nicht	56,7	59,8	68	63
	etwas	24,7	22,1	20	21
	mittelmäßig	13,2	11,2	8	9
	stark	3,6	4,9	3	5
	äußerst	1,8	2,0	1	2
	belästigt	18,6	18,1	12	16
	hoch belästigt	5,4	6,9	4	7
Sport/Freizeit	überhaupt nicht	89,8	91,4	-	-
	etwas	6,7	5,7	-	-
	mittelmäßig	2,1	2,2	-	-
	stark	1,4	0,6	-	-
	äußerst		0,2	-	-
	belästigt	3,5	3,0	-	-
	hoch belästigt	1,4	0,8	-	-
Gewerbe/Industrie	überhaupt nicht	84,6	85,0	81	73
	etwas	8,8	8,0	12	15
	mittelmäßig	4,0	5,1	5	8
	stark	1,6	1,3	2	3
	äußerst	0,9	0,6	0	1
	belästigt	6,5	7,0	7	12
	hoch belästigt	2,5	1,9	2	4
Nachbarn	überhaupt nicht	66,7	64,0	57	60
	etwas	18,9	21,4	26	23
	mittelmäßig	8,4	10,3	11	11
	stark	4,2	3,1	4	4
	äußerst	1,8	1,3	2	2
	belästigt	14,4	14,7	17	17
	hoch belästigt	6,0	4,4	6	6

### 5.3.1 Straßenverkehrslärm

Berücksichtigt man alle Personen, die über Lärmbelastung berichten, fühlen sich insgesamt 55,2% der Befragten durch Straßenverkehrslärm in unterschiedlicher Ausprägung belästigt (Tabelle 5-7). Bei genauerer Betrachtung der Quelle zeigt sich, dass die PKWs vor Motorrädern und LKWs die Hauptverursacher der Lärmbelastung sind: Durch PKWs fühlen sich nicht nur die meisten Personen belästigt (51,2%) im Vergleich zu LKWs (42%) und Motorrädern (49%); der Lärm der PKWs führt auch zu stärkeren Ausprägungen der Belästigung. Dies zeigt sich in den Anteilen der hoch belästigten Personen. 13,5% der Befragten sind durch PKW-Lärm hoch belästigt, 12,4% durch den Lärm von LKWs und 11,7% durch Motorrad-Lärm.

Im Vergleich zu 1999 ist ein Anstieg der hoch belästigten Personen um 2,5% zu verzeichnen. Gleichzeitig geht der Anteil aller Belästigten um 4,4% zurück. Dieser Trend findet sich auch beim Fahrzeugtyp PKW. Hier ist der Anteil der hoch belästigten Personen um 1,5% gestiegen, die Belästigung aller Befragten durch PKWs jedoch um etwa 7% zurückgegangen. Bei den LKWs sind die Belästigungswerte etwa gleich geblieben, und bei den motorisierten Zweirädern sind die Anteile der hoch belästigten Personen praktisch gleich geblieben und die Anteile aller Belästigten um 4,3% zurückgegangen.

*Tabelle 5-7: Belästigung durch spezifische Lärmquellen im Straßenverkehr*

Untersuchungsjahr		2004	1999
Straßenverkehr insgesamt	% hoch Belästigte	14,3	11,8
	% aller Belästigten	55,2	59,6
	Mittelwert der Lärmbelastigung	2,1	2,1
	Anzahl	979	2000
Pkw	% hoch Belästigte	13,5	12,0
	% aller Belästigten	51,2	57,9
	Mittelwert der Lärmbelastigung	2,0	2,0
	Anzahl	975	2000
LKW	% hoch Belästigte	12,4	12,2
	% aller Belästigten	42,0	43,0
	Mittelwert der Lärmbelastigung	1,8	1,8
	Anzahl	892	1992
motorisiertes Zweirad	% hoch Belästigte	11,7	11,3
	% aller Belästigten	49,0	53,3
	Mittelwert der Lärmbelastigung	1,9	2,0
	Anzahl	955	1999

### 5.3.2 Fluglärm

Alles zusammengekommen fühlen sich 43,3% der Befragten durch den Lärm von Flugverkehr belästigt (Tabelle 5-8). Als Quellen der Belästigung werden überwiegend Düsen- oder Militärflugzeuge genannt (66,1%), dann folgen Hubschrauber mit 23,2% und an letzter Stelle stehen mit 10,6% Belästigungen durch Privatflugzeuge. Die Intensität der auftretenden Belästigungen ist - ausgedrückt in Anteilen hoch belästigter Personen - bei Düsen- und Militärflugzeugen am höchsten (15,3%). Bei Privatflugzeugen beträgt dieser Anteil 13,6%. Lärm von Hubschraubern führt nur in seltenen Fällen zu hohen Belästigungen (4,8%).

Insgesamt ist der Anteil aller Belästigten in den letzten fünf Jahren um etwa 3% gestiegen, der Anteil der hoch belästigten Personen ist aber gleichzeitig um 1,5% gesunken. Im Vergleich zu 1999 hat die Belästigung durch Düsen- und Militärflugzeuge sowie durch Hubschrauber zugenommen.

*Tabelle 5-8: Belästigung durch spezifische Lärmquellen im Flugverkehr*

Untersuchungsjahr		2004	1999
Flugverkehr insgesamt	% hoch Belästigte	5,4	6,9
	% aller Belästigten	43,3	40,2
	Mittelwert der Lärmbelästigung	1,7	1,7
	Anzahl	866	1993
Düsen- und Militärflug	% hoch Belästigte	15,3	17,7
	% aller Belästigten	66,1	37,6
	Mittelwert der Lärmbelästigung	2,7	2,7
	Anzahl	236	294
Privatflug	% hoch Belästigte	13,6	13,5
	% aller Belästigten	10,6	12,3
	Mittelwert der Lärmbelästigung	2,6	2,6
	Anzahl	38	96
Hubschrauber	% hoch Belästigte	4,8	4,5
	% aller Belästigten	23,2	11,4
	Mittelwert der Lärmbelästigung	2,4	2,4
	Anzahl	83	89



### 5.3.3 Schienenverkehrslärm

Landesweit fühlen sich 24,2% der Befragten insgesamt von Schienenverkehrslärm belästigt, der Anteil der hoch belästigten Befragten liegt bei 3,9%. Zusätzlich zur generellen Belästigung wurde auch Auskunft über die Belästigung durch den Lärm von Güterzügen (18,8%), Personenzügen der Deutschen Bahn AG (14,8%), von Straßen- bzw. S- Bahnen (14,1%) sowie von ICEs (8,3%) gegeben. Die stärksten Belästigungen verursachen Güterzüge und Straßen-/S-Bahnen mit jeweils 2,8% hoch belästigten Personen. Es folgen Personenzüge, die bei 2,1% der Befragten zu hoher Belästigung führen und an letzter Stelle stehen ICEs mit 1,4%.

Tabelle 5-9 zeigt auch, dass die Belästigung durch Schienenverkehrslärm insgesamt gegenüber 1999 mit knapp 10%iger Zunahme aller Belästigten und beinahe einer Verdopplung des Anteils der hoch Belästigten deutlich gestiegen ist. Dies zeigt sich auch bei Betrachtung der einzelnen Fahrzeugtypen, hier ist der Anteil aller Belästigten im Durchschnitt um knapp 5% gestiegen, die Zunahme der hoch belästigten beträgt im Mittel 1%.

*Tabelle 5-9: Belästigung durch spezifische Schienenverkehrslärmquellen*

Untersuchungsjahr		2004	1999
Schienenverkehr insgesamt	% hoch Belästigte	3,9	1,7
	% aller Belästigten	24,2	12,9
	Mittelwert der Lärmbelästigung	1,4	1,2
	Anzahl	661	1945
Güterzüge	% hoch Belästigter	2,8	2,4
	% aller Belästigten	18,8	12,1
	Mittelwert der Lärmbelästigung	1,3	1,2
	Anzahl	612	1945
ICE	% hoch Belästigte	1,4	0,6
	% aller Belästigten	8,3	5,4
	Mittelwert der Lärmbelästigung	1,1	1,1
	Anzahl	566	1938
Personenzüge (ohne ICE)	% hoch Belästigte	2,1	0,9
	% aller Belästigten	14,8	9,7
	Mittelwert der Lärmbelästigung	1,2	1,1
	Anzahl	616	1945
Straßen-/S-Bahn	% hoch Belästigte	2,8	1,3
	% aller Belästigten	14,1	9,3
	Mittelwert der Lärmbelästigung	1,2	1,1
	Anzahl	562	1927

### 5.3.4 Gewerbe- und Industrielärm

Durch Gewerbe- und Industrielärm sind landesweit im Vergleich zu den übrigen Lärmquellen nur wenige Menschen betroffen (15,4%). 2,5% der Befragten fühlen sich hoch belästigt, dies ist gegenüber 1999 ein geringfügiger Anstieg (Tabelle 5-11). Tabelle 5-12 zeigt die Branchen, die zu den belästigenden Gewerbe- und Industriebetriebe gehören.

Tabelle 5-11: Belästigung durch spezifische Gewerbe- und Industrielärmquellen

Untersuchungsjahr		2004	1999
Gewerbe & Industrie	% hoch Belästigte	2,5	1,9
	% aller Belästigten	15,4	15
	Mittelwert der Lärmbelästigung	1,3	1,2
	Anzahl	669	2868

Tabelle 5-12: Branchen der lärmbelästigenden Gewerbe-/Industriebetriebe

Untersuchungsjahr	2004	1999
Verarbeitendes Gewerbe	37,1	30,5
Energiewirtschaft	3,4	0,7
Baugewerbe	24,7	15,4
Dienstleistung	10,1	11,8
Land- und Forstwirtschaft	10,1	18,4
Handwerk	1,1	14,1
Handel	13,5	9,2
Anzahl Nennungen (= 100%)	89	305

Landesweit stellt mit Abstand das verarbeitende Gewerbe mit 37,1% der Nennungen die häufigste Quelle der Belästigung dar. An zweiter Stelle rangiert das Baugewerbe mit 24,7%. Handel, Dienstleistungen sowie Land- und Forstwirtschaft liegen auf den folgenden Plätzen. Im Vergleich zu 1999 hat vor allem die Belästigung durch verarbeitendes Gewerbe sowie durch Baugewerbe zugenommen. Abgenommen hat

die Belästigung durch Handwerksbetriebe und durch Land- und Forstwirtschaft.

### 5.3.5 Lärm durch Freizeit- und Sportanlagen

Landesweit fühlen sich 10,2% aller Befragten durch Lärm von Sport- und Freizeitanlagen belästigt. Von diesen fühlen sich 1,4% durch Sport- und Freizeitlärm hoch belästigt (Tabelle 5-13). Somit stellen diese Lärmquellen für die Bevölkerung in Baden-Württemberg die geringste Belästigung dar. In den Interviews wurde bei der Vorgabe der Fragen keine Unterscheidung zwischen Sportanlagen und Freizeitanlagen vorgenommen, zumal es für die Befragten selbst oftmals schwierig ist, hier zu differenzieren. Bei der Frage, welche Anlage die Betroffenen belästigt, wurden Mehrfachnennungen zugelassen, so dass keine eindeutige Trennung zwischen Sport- und Freizeitanlagen hinsichtlich der Höhe der Belästigung vorgenommen werden konnte. Allerdings ist eine Trennung hinsichtlich der Häufigkeit der Nennung belästigenden Sportlärms bzw. Freizeitlärms möglich, wie Tabelle 5-14 zeigt. Insgesamt werden Sportanlagen etwas häufiger (59% der Nennungen) als Freizeitanlagen (41%) als Quelle der Belästigung angegeben. Am häufigsten werden dabei mit 32,9% Fußballanlagen (vom Bolzplatz bis zum Fußballstadion) als Lärmquelle genannt. Unter den Freizeitanlagen sind es vor allem allgemeine Freizeitanlagen und Versammlungsplätze, die zur Lärmbelästigung führen.

Tabelle 5-13: Belästigung durch spezifische Freizeit-Sportanlagen

Untersuchungsjahr		2004	1999
Sport-/ Freizeitanlagen	% hoch Belästigte	1,4	0,8
	% aller Belästigten	10,2	8,6
	Mittelwert der Lärmbelästigung	1,2	1,1
	Anzahl Befragter	764	2872

Tabelle 5-14: Art der lärmbelästigenden Sport- und Freizeitanlagen

Untersuchungsjahr	2004	1999
<b>Sportanlagen</b>	Angaben in % (Mehrfachnennungen)	
Sportanlagen allg.	11,0	15,2
Sportverein	1,4	4,3
Fußball	32,9	40,9
Tennis	1,4	7,3
Sportflugzeuge	1,4	3,7
Schießen	1,4	1,8
Motorsport	4,1	1,2
Radsport	0	0,6
Ballsport	5,5	1,8
<i>Sportanlagen gesamt</i>	<i>59,0</i>	<i>7680,00%</i>
<b>Freizeitanlagen</b>	Angaben in % (Mehrfachnennungen)	
Freizeitanlagen allg.	12,3	1,2
Veranstaltungshäuser	5,5	7,3
Versammlungsplätze	11,0	1,8
Schwimmbad	2,7	7,3
Freizeitbahn	1,4	4,3
Musik	6,8	1,2
Kino	1,4	
<i>Freizeitanlagen ges.</i>	<i>41,0</i>	<i>23,2</i>

### 5.3.6 Nachbarschaftslärm

Nach dem Straßenverkehrslärm verursacht der Lärm durch Nachbarn die meisten Störungen und Belästigungen: Insgesamt fühlen sich 33,3% der Befragten durch Lärm von den Nachbarn gestört, 6% zählen zu den Hochbelästigten (Tabelle 5-15), dies ist im Vergleich zu 1999 ein Anstieg um 1,6%.

Tabelle 5-15: Belästigung durch spezifische Nachbarschaftslärmquellen

Untersuchungsjahr		2004	1999
Nachbarschaft	% hoch Belästigte	6,0	4,4
	% aller Belästigten	33,3	36
	Mittelwert der Lärmbelästigung	1,6	1,6
	Anzahl	1016	2918

### 5.3.7 Belästigung durch sonstige Quellen

10% der insgesamt Befragten gaben eine oder mehrere weitere, den vorgegebenen Quellen nicht zuordenbare, Lärmquellen an. Die Prozentanteile der Nennungen dieser Quelle sind in Tabelle 5-16 dargestellt. Bedeutendste Quellen hierbei sind öffentliche Einrichtungen (z.B. Müllabfuhr, Recyclingstellen, Jugend-/Altersheime) sowie der Lärm durch Gartenarbeiten, von Passanten auf der Straße und von Baustellen.

Soweit sonstige Lärmquellen genannt werden, ist die dazu angegebene durchschnittliche Lärmbelästigung sehr hoch, höher noch als die durch Straßenverkehrslärm verursachte Lärmbelästigung. Das scheint in so fern plausibel, als dass vermutlich die jeweilige sonstige Lärmquelle ein spezifisches Ärgernis darstellt, das sich nur dann lohnt, zu erwähnen, wenn es auch größere Bedeutung für den Befragten hat. Das Ausmaß des Ärgernisses schlägt sich dann in einem entsprechend hohen Belästigungsurteil nieder.

Tabelle 5-16: Sonstige belästigende Lärmquellen

Untersuchungsjahr	2004	1999
Angaben in % (Mehrfachnennungen)		
Öffentl. Einrichtungen	21,8	18,2
Natur und Tier	7,6	17,1
Passanten	16,0	15,5
Gartenarbeit	18,5	13,3
Baustelle	16,8	11,6
Kirchen	6,7	8,3
Lärm im Haus	5,9	6,6
Weitere Quellen	6,7	9,4
Anzahl Nennungen (=100%)	119	181

## 5.4 Hauptlärmquellen

Danach gefragt, welche der genannten Lärmquellen zu Hause am meisten stört und belästigt, nennen 48,5% der Befragten den Straßenverkehr (1999: 49,5%). Mit deutlichem Abstand werden an zweiter und dritter Stelle die Nachbarschaft (18,4%) und der Flugverkehr (16,6%) als am meis-

ten störende Lärmquellen bezeichnet. 1999 war dies noch umgekehrt: Flugverkehr war mit 18,6% die zweithäufigste und Nachbarschaft die dritthäufigste (16,4%) Hauptlärmquelle in Baden-Württemberg. Verglichen mit den Daten der UBA-Studien zum Umweltbewusstsein (2004) zeigt sich ein ähnliches Bild: Straßenverkehrslärm wird an erster Stelle der belästigenden Quellen genannt, an zweiter Stelle befindet sich – gemittelt über alle Bundesländer – der Fluglärm, Lärm durch Nachbarn wird an dritter Stelle genannt<sup>3</sup> (Tabelle 5-17). Die Tabelle zeigt ebenfalls, wie sich die Belästigung durch die einzelnen Lärmquellen über die letzten 12 Jahre entwickelt hat. Mager dargestellt sind die Daten aus den regelmäßigen Umfragen des Umweltbundesamts, hier gehen Daten äußerst oder stark belästigter Personen aus dem gesamten Bundesgebiet ein. Fett dargestellt sind die Daten aus den beiden Lärmumfragen in Baden-Württemberg.

Als genereller Trend zeigt sich ein Rückgang der Belästigung durch alle Lärmquellen mit Ausnahme des Lärms durch Nachbarn. Dies ist unter der Perspektive fortschreitender technischer Entwicklung auch plausibel. Die aktuellen Belästigungswerte sind in Baden-Württemberg jedoch höher ausgeprägt als im Bundesvergleich, besonders die Belästigung durch Straßenverkehrslärm liegt um 4,3% höher als die Vergleichsdaten aus der bundesweiten Befragung und um knapp 2% höher als 1999.

<sup>3</sup> Unterschiede ergeben sich aus dem Umstand, dass in der UBA-Studie auch andere Quellen der Belästigung im Wohnumfeld eingeschlossen wurden, z.B. Abgase.

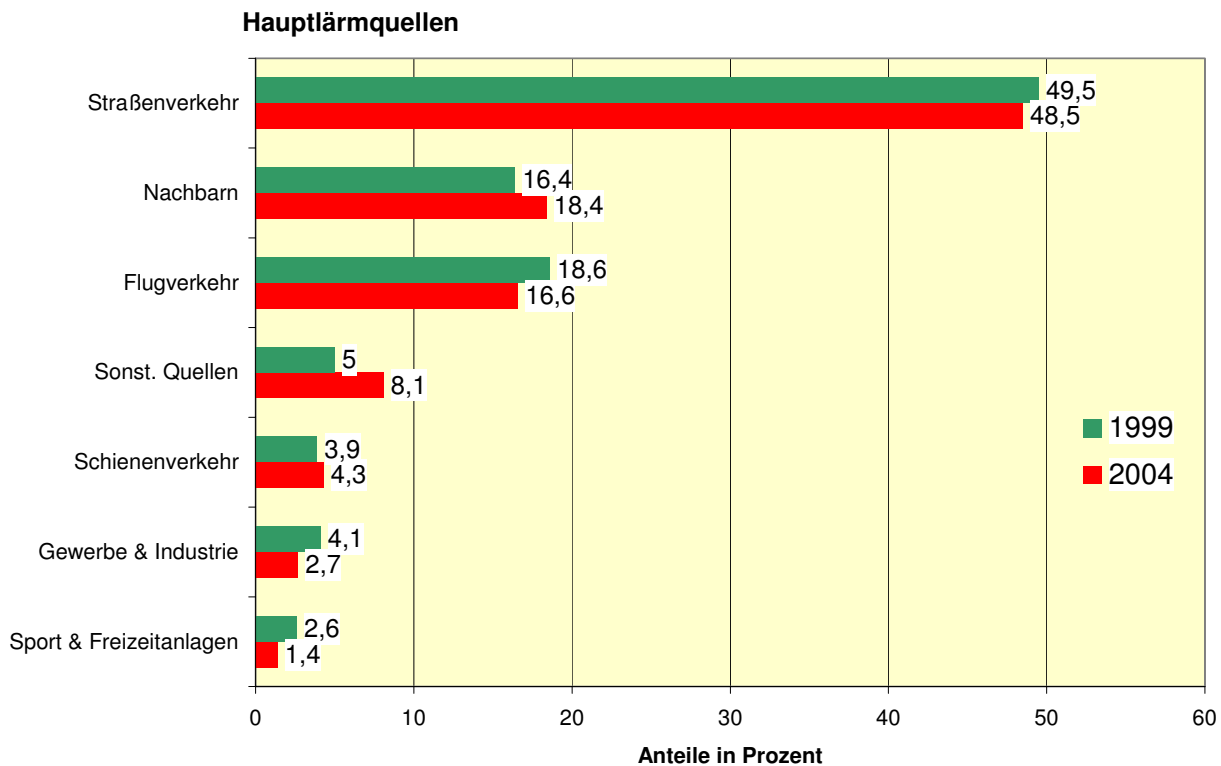


Abbildung 5-2: Lärmquelle, die am stärksten stört bzw. belästigt

Tabelle 5-17: Repräsentative Bevölkerungsumfrage zum Thema Umweltbewusstsein in Deutschland, Quelle: Umweltministerium Baden-Württemberg 2004 und Umweltbundesamt, 2004

Belästigungsquellen im Wohnumfeld										
Umweltbundesamt						Baden-Württemberg	Umweltbundesamt			Baden-Württemberg
Angaben in Prozent stark oder äußerst belästigter Personen	1992	1993	1994	1996	1998	1999	2000	2002	2004	2004
<b>Straßenverkehr</b>	23	23	20	14	15	<b>12,6</b>	17	17	10	<b>14,3</b>
<b>Flugverkehr</b>	14	11	10	5	4	<b>7,1</b>	5	7	4	<b>5,4</b>
<b>Nachbarn</b>	-	-	-	-	-	<b>5</b>	6	6	6	<b>6</b>
<b>Schienenverkehr</b>	3	4	3	2	2	<b>2,5</b>	5	5	3	<b>3,9</b>
<b>Gewerbe-/Industrie</b>	3	3	3	2	2	<b>2,2</b>	4	4	2	<b>2,5</b>

#### 5.4.1 Ausmaß der Belästigung durch die Hauptlärmquelle

Abbildung 5.3 zeigt die Ausprägung der Lärmbelastung je Hauptlärmquelle. Mit Ausnahme der Belästigung durch Flug- und durch Schienenverkehr ist die durchschnittliche Lärmbelastung durch alle anderen Quellen im Vergleich zum

Jahr 1999 um 0,1 bis 0,3 Skalenstufen gestiegen. Die höchste Lärmbelastung wird durch die „sonstigen Lärmquellen“ verursacht. Aber auch der Lärm durch Gewerbebetriebe, durch Schienen- und durch Straßenverkehr liegt mit mittleren Werten von 3,0 (dies entspricht der Skalenstufe *mittelmäßig belästigt*) im Ernst zunehmenden Bereich.

### Belästigung durch die Hauptlärmquelle

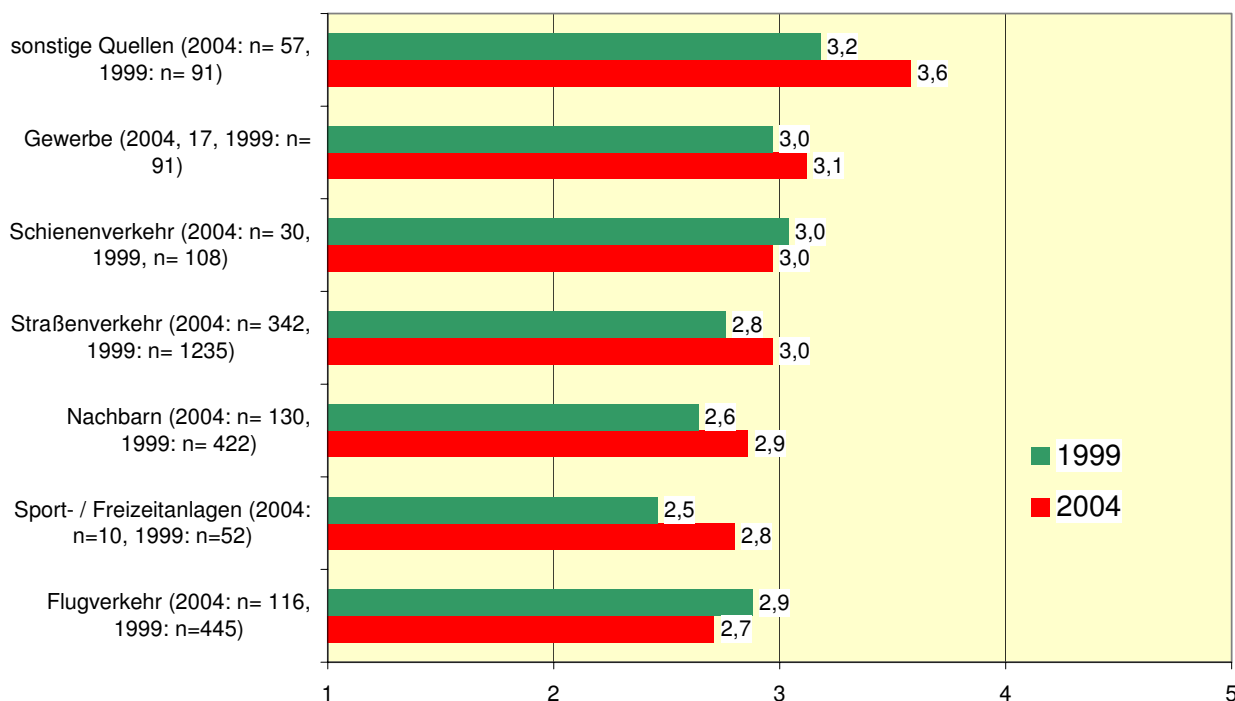


Abbildung 5-3: Durch die jeweilige Hauptlärmquelle verursachte Lärmbelästigung

Der Lärm von Nachbarn und von Sport- bzw. Freizeitanlagen wirkt auf die Betroffenen knapp weniger belästigend mit 2,8 bzw. 2,9 Skalenpunkten. Die niedrigste Lärmbelästigung wird durch Flugverkehr hervorgerufen, der Mittelwert von 2,7 liegt um 0,2 Skalenpunkte unter dem Wert aus der 1999er Befragung. Demnach stellt der Fluglärm in Baden-Württemberg nicht das zentrale Lärmproblem dar.

## 5.5 Anteil einzelner Lärmquellen an der Gesamtbelästigung

Für die Belästigungsdaten der vorliegenden Untersuchung wird geprüft, wie hoch der statistische Zusammenhang zwischen der generellen Lärmbelästigung und den quellspezifischen Lärmbelästigungsurteilen ist. Hierzu wurden Korrelationen als Maß für den statistischen Zusammenhang berechnet.

Die Korrelationskoeffizienten zeigt die Tabelle 5-17. Wie erwartet stehen alle quellspezifischen Lärmbelästigungsurteile in einem statistisch signifikanten Zusammenhang zur empfundenen Gesamtbelästigung. Besonders hoch ist der Zusammenhang mit der generellen Lärmbelästigung bei der Belästigung durch Straßenverkehrslärm. Darüber hinaus stehen die quellspezifischen Einzellärmbelästigungen auch untereinander in – wenn auch mäßiger – Beziehung, wie die Tabelle 5-18 zeigt. Alle dort in Fettschrift dargestellten Korrelationskoeffizienten sind statistisch signifikant. Sie sind dahingehend zu interpretieren, dass je höher die Lärmbelästigung durch eine Lärmquelle ist, umso höher ist auch die Belästigung durch eine andere Lärmquelle. Dies spricht für eine Mehrfachbelastung derjenigen Personen, die überhaupt lärmexponiert sind. Eine Zuordnung zu Pegeldaten könnte hier weitere Aufklärung leisten.

Tabelle 5-17: Zusammenhang zwischen generellen und quellspezifischen Lärmbelästigungsurteilen<sup>4</sup>

	Lärmbelästigung durch					
	Straße	Schiene	Flug	Sport-/Freizeitanlagen	Gewerbe	Nachbarn
<b>Korrelation mit der allgemeinen Lärmbelästigung</b>	0,61	0,28	0,20	0,10	0,29	0,33
<b>Anzahl der Antwortenden</b>	977	659	864	762	667	1014

Tabelle 5-18: Zusammenhang zwischen quellspezifischen Lärmbelästigungsurteilen

Korrelation	Lärmbelästigung durch ...					
	Straßenverkehr	Schienenverkehr	Flugverkehr	Sport-/Freizeit	Gewerbe / Industrie	Nachbarn
<b>Lärmbelästigung durch</b>						
Straßenverkehr	1,00	<b>0,26</b>	<b>0,20</b>	<b>0,15</b>	<b>0,20</b>	<b>0,13</b>
Schienenverkehr		1,00	<b>0,23</b>	<b>0,16</b>	<b>0,28</b>	0,06
Flugverkehr			1,00	<b>0,08</b>	<b>0,08</b>	<b>0,07</b>
Sport-/Freizeitanlagen				1,00	<b>0,12</b>	<b>0,08</b>
Gewerbe & Industrie					1,00	<b>0,16</b>
Nachbarn						1,00

Tabelle 5-19: Einfluss von spezifischen Lärmquellen auf die allgemeine Lärmbelästigung

	Straße	Nachbarn	Gewerbe	Flug
<b>beta-Gewicht</b>	0,53	0,25	0,14	0,10
<b>aufgeklärte Varianz</b>	0,48			

Um herauszufinden, welchen Anteil die jeweiligen quellspezifischen Belästigungsurteile an der empfundenen generellen Lärmbelästigung haben, wurde eine schrittweise Regression durchgeführt. Der Vorzug dieses Verfahrens besteht darin, dass es nach und nach - daher schrittweise - die Variablen (hier die quellspezifischen Lärmbelästigungen) auswählt, über die eine optimale Vorhersage der empfundenen allgemeinen Lärmbelästigung möglich ist.

Tabelle 5-19 zeigt, welche quellspezifischen Lärmbelästigungsurteile die generelle Lärmbelästigung erklären bzw. vorhersagen. Weiterhin ist dargestellt, in welcher Höhe die generelle

Lärmbelästigung in ihrer gesamten Variation durch die im jeweiligen Modell Aufgenommenen quellspezifischen Belästigungen erklärt werden kann (= erklärter Anteil an der Gesamtvarianz der generellen Lärmbelästigung). Außerdem ist das Gewicht, mit dem die jeweilige quellspezifische Lärmbelästigung in die Gesamtfunktion zur Erklärung der generellen Lärmbelästigung eingeht (=β - Gewicht), aufgeführt. Es zeigt sich, dass mit Abstand die Belästigung durch Straßenverkehrslärm den stärksten Anteil an der Erklärung der generellen Lärmbelästigung hat. Anschließend erhält die Belästigung durch Nachbarschaftslärm das höchste Gewicht zur

<sup>4</sup> Erläuterung zu Korrelationskoeffizienten r: Werte nahe -1/+1 = hoher Zusammenhang; Werte nahe 0 = geringer/kein Zusammenhang; positive Werte = gleichgerichteter Zusammenhang („je mehr, desto mehr“); negative Werte = entgegengesetzter Zusammenhang („je mehr, desto weniger“). Alle angegebenen Koeffizienten sind statistisch signifikant, stellen also einen statistisch überzufälligen Zusammenhang dar

Erklärung der generellen Lärmbelästigung, gefolgt von der Belästigung durch Gewerbe- und Industrielärm sowie Lärm durch Flugverkehr.

## 5.6 Lärmbedingte Störungen alltäglicher Aktivitäten

Neben der generellen und quellenspezifischen Lärmbelästigung wurden als weitere Wirkaspekte des Lärms das Ausmaß der Störung alltäglicher Aktivitäten bzw. Handlungsweisen durch die von den Befragten angegebene Hauptlärmquelle erhoben. Im Einzelnen wurden Daten erhoben und ausgewertet zu

- Störungen der Kommunikation innerhalb der Wohnung/des Hauses
- Störungen der Ruhe und Konzentration innerhalb der Wohnung/des Hauses
- Störungen der Kommunikation außerhalb des Wohnhauses
- Störungen der Ruhe außerhalb des Wohnhauses (z.B. auf dem Balkon oder im Garten)
- Störungen der Nachtruhe

Die Tabelle 5-20 zeigt zunächst den Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der lärmbedingten berichteten Störung und der Lärmbelästigung. Für die Gegenüberstellung wurden als Indikatoren für die Lärmbelästigung die Variablen „Generelle Lärmbelästigung“ und „Belästigung durch Hauptlärmquelle“ verwendet. Die in der Tabelle angegebenen Korrelationskoeffizienten sind Maße des statistischen Zusammenhangs.

Die in der Tabelle 5-20 angegebenen Werte belegen den insgesamt hohen Zusammenhang zwischen der erlebten Lärmbelästigung und dem Ausmaß der Störungen (Kommunikations- und Ruhestörung) am Tage sowie (bei den Lärmquellen Straßenverkehr und Nachbarn) auch in der Nacht. Die Beziehung zwischen allgemeiner Lärmbelästigung und den einzelnen gestörten Aktivitäten ist enger, wenn als Hauptlärmquelle Verkehrslärm vorliegt (Straßenverkehr, Schienen- und Flugverkehr) oder die Nachbarn die Hauptlärmquelle darstellen. Dementsprechend sind die Korrelationen der Störungen mit der Belästigung durch die Hauptlärmquellen größer als die entsprechenden Korrelationen mit der generellen Lärmbelästigung.

Tabelle 5-21 zeigt für jede der genannten Hauptlärmquellen den Grad der berichteten Störungen.





Tabelle 5-21: Lärmbedingte Störungen alltäglicher Aktivitäten

Störungsaspekte	Grad der Störung (Mittelwert) (fünfstufig: 1 = überhaupt nicht; 5 = äußerst gestört)		
Störungen ...	Straßenverkehrslärm (Nmin=335; Nmax=341)	Schienenverkehrs- lärm (N=30)	Fluglärm (Nmin=115; Nmax=117)
...der Kommunikation außen			
...der Kommunikation innen			
...der Ruhe außen			
...der Ruhe innen			
...des Schlafs			
Störungen ...	Sport-/Freizeitlärm (N=10)	Gew.-/Industrielärm (N=19)	Nachbarschaftslärm (Nmin=125; Nmax=130)
...der Kommunikation außen			
...der Kommunikation innen			
...der Ruhe außen			
...der Ruhe innen			
...des Schlafs			
Legende			

Zunächst zeigt sich, dass - über alle Lärmquellen hinweg - die größten Störungen durch Lärm bei Aktivitäten im Außenbereich berichtet werden (Kommunikation, Ruhe), gefolgt von Ruhestörungen im Innenbereich, den Kommunikationsstörungen innen und den Schlafstörungen.

- Von den Verkehrslärmarten Straßenlärm, Schienenlärm und Fluglärm führt letzterer zu den stärksten Ausprägungen, d.h., wenn Fluglärm auftritt, sind die Kommunikation und Ruhe der Befragten beeinträchtigt, dies im Außenbereich stärker als innerhalb des Hauses. Aber auch Straßen- und Schienenverkehrslärm verursachen stärkere Störungen im Außenbereich der Wohnung/des Hauses. Innerhalb des Wohnbereichs scheint der Schutz durch die Fenster zu kompensieren, obwohl es in geringeren Ausprägungen auch im Haus zu Ruhe- und Kommunikationsstörungen kommt. Schlafstörungen werden durch die drei Verkehrslärmarten nur in geringem Maß verursacht.
- Lärm durch Nachbarn und Lärm durch Gewerbe- oder Industriebetriebe führt zusätzlich zu Störungen der Ruhe oder der Kommunikation auch zu Störungen des Schlafs.

Die durch Lärm hervorgerufenen Störungen sind in der Tendenz vergleichbar mit den Ergebnissen der 1999er Befragung, bei den meisten Störungen ist es eher zu einer geringfügigen Abnahme gekommen.

- Beispielsweise sind die Störungen der Kommunikation und der Ruhe im Außenbereich bei Straßenverkehrslärm als vorlie-

gender Hauptlärmquelle um 0,3 Skalenpunkte gesunken.

Die mit Schienenlärm einhergehenden Schlafstörungen sind ebenfalls um 0,3 Skalenpunkte zurückgegangen.

- Eine Ausnahme von dieser Tendenz stellt der Lärm durch Gewerbebetriebe dar: Hier findet sich ein Anstieg der Störungswerte um 0,4 Skalenpunkte.

## 5.7 Räumliches und zeitliches Auftreten des Lärms

### 5.7.1 Entfernung zur Hauptlärmquelle

Die lärmbelästigten Befragten, die eine der unten aufgeführten Hauptlärmquellen angeben konnten (insgesamt 630 Personen) wurden gefragt, wie weit sie von der Hauptlärmquelle entfernt wohnen. Tabelle 5-22 zeigt die Angaben hierzu getrennt nach der Hauptlärmquelle. Mit Ausnahme der durch Fluglärm Betroffenen gibt mindestens jeder Zweite der durch eine der übrigen Lärmquellen Betroffenen an, dass die Hauptlärmquelle sich in unmittelbarer Nähe (bis 100 Meter) von der eigenen Wohnung entfernt befindet. Besonders Nachbarschaftslärm, Straßenlärm sowie Gewerbe- und Industrielärm sind Belastungen, die in unmittelbarer Nähe auftreten. Betrachtet man nun den Zusammenhang zwischen der durch die Hauptlärmquelle verursachten Lärmbelästigung und der eingeschätzten Distanz zur Lärmquelle, ergibt sich folgendes Bild.

Tabelle 5-22: Eingeschätzte Distanz zur Hauptlärmquelle (Angaben in Prozent)

Distanz	Straßenverkehr	Schienenverkehr	Flugverkehr	Sport-/Freizeitanl.	Gewerbe / Industrie	Nachbarn
Anz. Befragter	342	30	103	10	19	126
bis 100 Meter	74,6	46,7	6,8	50,0	73,7	96,9
100 bis 500 Meter	19,0	26,7	9,7	30,0	21,1	3,1
500 Meter bis 1 km	4,7	16,7	12,6	20,0		
mehr als 1 km	1,8	10,0	70,9		5,3	

Tabelle 5-23: Quellspezifische Lärmbelästigung und geschätzte Distanz zur Lärmquelle

Lärmbelästigung durch ...	Geschätzte Entfernung zur Quelle	
	Zusammenhangsmaß $\tau^*$	N
... Straßenverkehr	<b>-.155</b>	342
... Schienenverkehr	-.034	30
... Flugverkehr	.110	103
... Sport- und Freizeitanlagen	-.539	10
... Gewerbe und Industrie	-.413	17
... Nachbarn	-.152	130

Die Korrelationstabelle zeigt nur beim Straßenlärm einen geringen aber statistisch überzufälligen Zusammenhang zwischen der geschätzten Entfernung zur Lärmquelle und der Höhe der hierdurch verursachten Lärmbelästigung. Danach nimmt bei Abnahme der Distanz die Lärmbelästigung zu. In der Annahme, dass die Distanz zur Lärmquelle auch ein Indikator für die (objektive) Lärmbelastung darstellt (höhere Lärmbelastung mit Abnahme der Distanz), würde man auch bei den übrigen Lärmquellen einen Zusammenhang zwischen Distanz und Belästigung erwarten. Da die Fallzahlen aber zum Teil sehr gering sind und zudem die subjektiv geschätzten Entfernungen nur sehr grobe und ungenaue Angaben tatsächlicher räumlicher Distanzen darstellen, sind hier die gefundenen Nicht-Zusammenhänge erklärlich.

### 5.7.2 Tageszeiten, zu denen sich Geräusche bemerkbar machen/belästigen

Die nachfolgende Tabelle 5-24 enthält die Nennungen der Tageszeiten, zu denen sich die Geräusche der einzelnen Hauptlärmquellen für die Befragten bemerkbar machen. Um zu prüfen, ob das Auftreten der Geräusche zu allen Tageszeiten auch mit Lärmbelästigung einhergeht, wurde dies gesondert gefragt. Diese Urteile sind in Tabelle 5-25 aufgeführt. Einen Vergleich zwischen dem Auftreten der Geräusche und den korres-

pondierenden Belästigungsurteilen wird in den Abbildungen gezeigt.

Straßenverkehrslärm tritt aus Sicht der Befragten vor allem in den Morgenstunden (38,6%) sowie nachmittags zwischen 15 und 19 Uhr auf (44,2%)<sup>5</sup>. Im Vergleich zu 1999 sind die Angaben zu dieser Tageszeit um etwa 15% gestiegen. Die Angaben zu Tageszeiten, zu denen Straßenverkehrslärm besonders *belästigt*, korrespondieren mit diesen Werten.

Lärm durch den Schienenverkehr macht sich als einzige Lärmquelle überwiegend abends und nachts bemerkbar (22-23 Uhr: 23,3%, 23-7 Uhr: 26,7%). Dies liegt vermutlich daran, dass die übrigen Geräusche zu dem Zeitpunkt (vor allem nachts) gar nicht bzw. deutlich reduziert auftreten. Dagegen nehmen üblicherweise die Vorbeifahrtereignisse beim Schienenverkehr nachts weitaus weniger ab als die anderer Verkehrsarten, wobei in dem Zeitraum der Güterzuganteil dominiert (vgl. Griefahn et al., 1999). Im Vergleich zu 1999 hat es eine deutliche Zunahme an Personen gegeben, die Schienenverkehrslärm in den Abend- und Nachtstunden wahrnehmen. Besonders auffällig ist, dass die Anzahl der Personen, die durch Schienenverkehrsgereusche belästigt sind, größer ist als die Anzahl der Personen, die angeben, dass Schienenverkehrslärm zu dieser Tageszeit sich besonders bemerkbar macht (siehe Abbildung 5-4). Aus psychologischer Sicht steckt in diesen Angaben mehr als eine „reine“ Lärmbelästigung, es kann vermutet werden, dass das allgemein schlechte Image der Bahn bzw. die Unzufriedenheit vieler Bahnkunden sich ebenfalls in diesen Urteilen widerspiegelt.

<sup>5</sup> Mehrfachnennungen waren möglich.

Tabelle 5-24: Tageszeit der auftretenden Geräusche der Hauptlärmquelle

<i>Uhrzeit</i>	<i>Untersuchungsjahr 2004</i>						
<i>Anz. Nennungen in Prozent</i>	<b>Gesamt</b>	<b>Straßen- verkehr</b>	<b>Schie- nen- verkehr</b>	<b>Flug- verkehr</b>	<b>Sport-/ Freizeit</b>	<b>Gewerbe Industrie</b>	<b>Nach- barn</b>
7 - 9 Uhr	23,1	38,6		6,8	10,0	31,6	5,4
9 - 13 Uhr	11,9	10,2		18,8	10,0	26,3	10,0
13 - 15 Uhr	13,6	9,1	3,3	20,5	10,0	15,8	23,1
15 - 19 Uhr	32,6	44,2	6,7	25,6	30,0	15,8	24,6
19 - 22 Uhr	16,2	13,5	26,7	13,7	20,0		26,9
22-23 Uhr	7,5	5,8	23,3	3,4	30,0		11,5
23 - 7 Uhr	12,9	11,7	26,7	3,4		26,3	14,6
ständig	14,6	17,3	33,3	9,4		15,8	6,9
unterschiedlich	14,8	8,5	10,0	30,8	30,0	21,1	13,8
<i>Mehrfachnennungen möglich</i>							
<i>Uhrzeit</i>	<i>Untersuchungsjahr 1999</i>						
<i>Anz. Nennungen in Prozent</i>	<b>Gesamt</b>	<b>Straßen- verkehr</b>	<b>Schie- nen- verkehr</b>	<b>Flug- verkehr</b>	<b>Sport-/ Freizeit</b>	<b>Gewerbe Industr.</b>	<b>Nach- barn</b>
6 - 9 Uhr	18,8	28,5	12,5	6,6	1,6	22,8	5,7
9 - 13 Uhr	8,2	6,7	2,5	14,3	7,8	8,7	6,5
13 - 15 Uhr	10,3	4,5	3,8	22,8	20,3	15,2	14,6
15 - 19 Uhr	24,1	29,1	12,5	17,4	29,7	12,0	22,4
19 - 22 Uhr	15,8	12,9	22,5	15,6	23,4	12,0	24,0
22 - 6 Uhr	9,9	7,4	30,0	3,8	9,4	10,9	18,3
ständig	7,7	8,3	13,8	6,1	4,7	9,8	3,5
unterschiedlich	5,2	2,6	2,5	13,3	3,1	8,7	5,1
<i>Mehrfachnennungen möglich</i>							

Tabelle 5-25: Tageszeiten, zu denen Geräusche der Hauptlärmquelle besonders belästigen

<i>Uhrzeit</i>	<i>Hauptlärmquelle</i>						
<i>Anz. Nennungen in Prozent</i>	<b>Gesamt</b>	<b>Straßen- verkehr</b>	<b>Schie- nen- verkehr</b>	<b>Flug- verkehr</b>	<b>Sport-/ Freizeit</b>	<b>Gewerbe Industrie</b>	<b>Nach- barn</b>
7 - 9 Uhr	18,3	27,5	3,3	7,7	10,0	36,8	3,8
9 - 13 Uhr	8,5	6,4		11,1	10,0	5,3	10,8
13 - 15 Uhr	12,9	7,6		22,2	10,0	10,5	22,3
15 - 19 Uhr	30,2	38,3	10,0	23,9	40,0	15,8	26,9
19 - 22 Uhr	20,0	17,8	36,7	15,4	30,0	10,5	29,2
22-23 Uhr	10,9	9,9	33,3	6,0	10,0	5,3	14,6
23 - 7 Uhr	14,2	13,5	26,7	3,4	10,0	26,3	14,6
ständig	4,8	5,3	10,0	4,3		5,3	3,8
unterschiedlich	9,9	7,0	13,3	20,5	10,0	5,3	7,7
<i>Mehrfachnennungen möglich</i>							

Fluglärm tritt nach Angaben der Befragten vor allem am Tage auf. Die meisten Nennungen (25,6%) fielen auf das Zeitfenster 15-19 Uhr, jedoch wird auch vormittags und während der Mittagsruhe (13-15 Uhr) von etwa 20% der Betroffenen Fluglärm bemerkt. Im Vergleich zu 1999 hat das Bemerkten von Fluglärm im Zeitfenster 15-19 Uhr um etwa 8% zugenommen.

Die Zeiten, zu denen Fluglärm zu Belästigung führt, sind eng an das Auftreten des Lärms gekoppelt (Abbildung 5-4), hier kommt es nicht zu auffälligen Abweichungen.

Erwartungsgemäß macht sich Sport- und Freizeitlärm überwiegend in den Nachmittagsstunden zwischen 15 und 19 Uhr (30%) sowie abends zwischen 19 und 23 Uhr (30%) bemerk-

bar, zu diesen Zeiten treten auch die meisten Belästigungen durch diese Lärmart auf, hier liegen die Werte – ähnlich wie beim Schienenverkehrslärm- über den „Geräusch bemerkt“-Werten, was auf eine negativ-emotionale Beziehung zur Lärmquelle schließen lässt.

Gewerbe- und Industrielärm tritt besonders in den Morgenstunden zwischen 7 und 9 Uhr auf (31,6%) sowie – im Unterschied zu der 1999er Befragung – auch nachts zwischen 23 und 7 Uhr

(26,3%). Diese Ergebnisse sind deckungsgleich mit den Angaben, zu welchen Zeiten diese Lärmart besonders belästigt.

Nachbarschaftslärm tritt überwiegend in den Nachmittags- bis Abendstunden auf (22,4% bzw. 24%), die Belästigungsangaben folgen dem Auftreten des Lärms und erreichen abends zwischen 19 und 22 Uhr den höchsten Wert mit 29%.

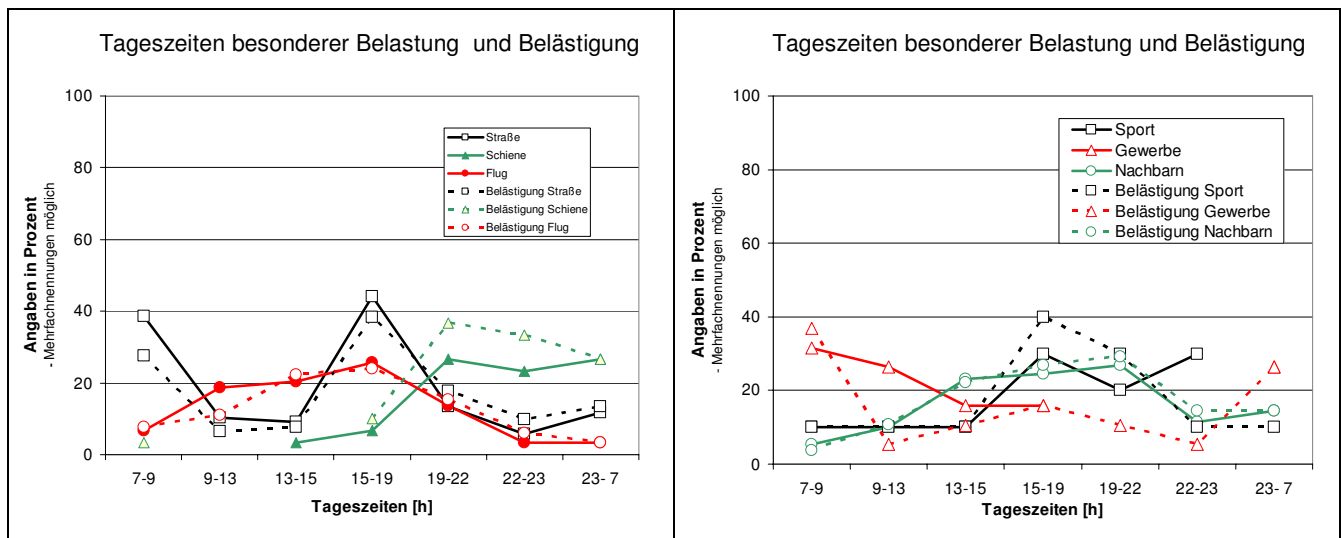


Abbildung 5-4: Vergleich zwischen dem Auftreten der Geräusche und der Lärmbelästigung

## 5.8 Bewältigung von Lärm

Welche Auswirkungen der Lärm auf Menschen hat, inwieweit er die Betroffenen physisch und psychisch belastet, hängt wesentlich auch davon ab, welche Möglichkeiten den Betroffenen zur Verfügung stehen, den entstandenen Lärm zu bewältigen und inwieweit sie diese Möglichkeiten nutzen.

Dabei nimmt die Lärmbewältigung im Lärmwirkungsgefüge eine doppelte Rolle ein: Zum einen sind Maßnahmen, die bei vorhandener Lärmbelastung ergriffen werden, als Reaktionen auf den Lärm im weiteren Sinne zu verstehen. Zum anderen können Aktivitäten, die zur Reduzierung von Lärm ergriffen werden, die Lärmbelastung sowie die Störungen durch Lärm (Kommunikations-, Ruhe-, Schlafstörungen) in einem psychischen Rückkopplungsprozess verringern. Maßgebender psychologischer Faktor hierbei ist das Gefühl der Kontrolle über

die Lärmsituation. Allein schon das Wissen um die Möglichkeiten der Lärmbewältigung reicht dabei aus, um die Stresswirkung von Lärm zu reduzieren (siehe u.a. Glass & Singer, 1972, Finke et al., 1980).

Entsprechend der Bedeutung der Lärmbewältigung für das Verständnis der Wirkung von Lärm sind auch in der vorliegenden Umfrage die Befragten danach gefragt worden,

- wie häufig sie mit vorgegebenen Maßnahmen auf den Lärm der Hauptlärmquelle reagieren und
- welche Aktivitäten die Betroffenen gegen die Beeinträchtigung durch Lärm allgemein unternehmen.

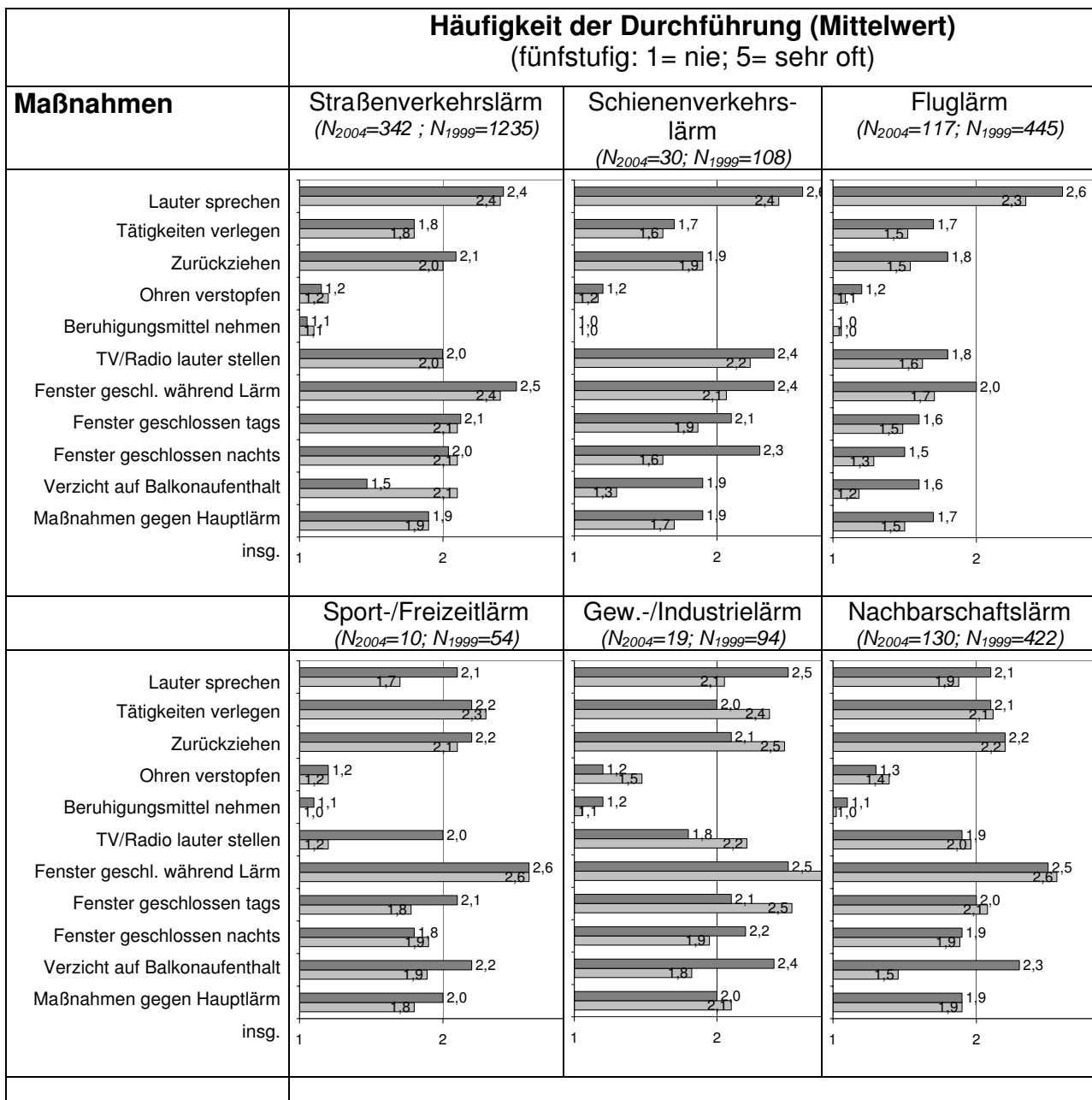
### 5.8.1 Maßnahmen gegen den Lärm der am stärksten belästigenden Lärmquelle

Die nachfolgende Tabelle 5-26 zeigt die Häufigkeit der Durchführung von Maßnahmen als

Reaktion auf den Lärm der am stärksten störenden Lärmquelle (= Hauptlärmquelle). Über alle Quellen hinweg wird „Lauter sprechen“ und „Fenster während des Lärms geschlossen halten“ am häufigsten als Bewältigungsstrategie gegen den Lärm gewählt.

Tabelle 5-26: Häufigkeit durchgeführter Maßnahmen als Reaktion auf Lärm

N = Anzahl der Befragten, die gegen den Lärm in ihrem Wohngebiet aktiv geworden sind, obere Datenreihe = 2004, untere Datenreihe = 1999



Je nach Lärmquelle werden zusätzlich weitere Maßnahmen ergriffen, um sich dem Lärm zu entziehen. So wird beispielsweise von den Flug-

lärm-Betroffenen häufiger das Fenster während des Lärm-Ereignisses geschlossen gehalten, nicht aber während des ganzen Tages oder der

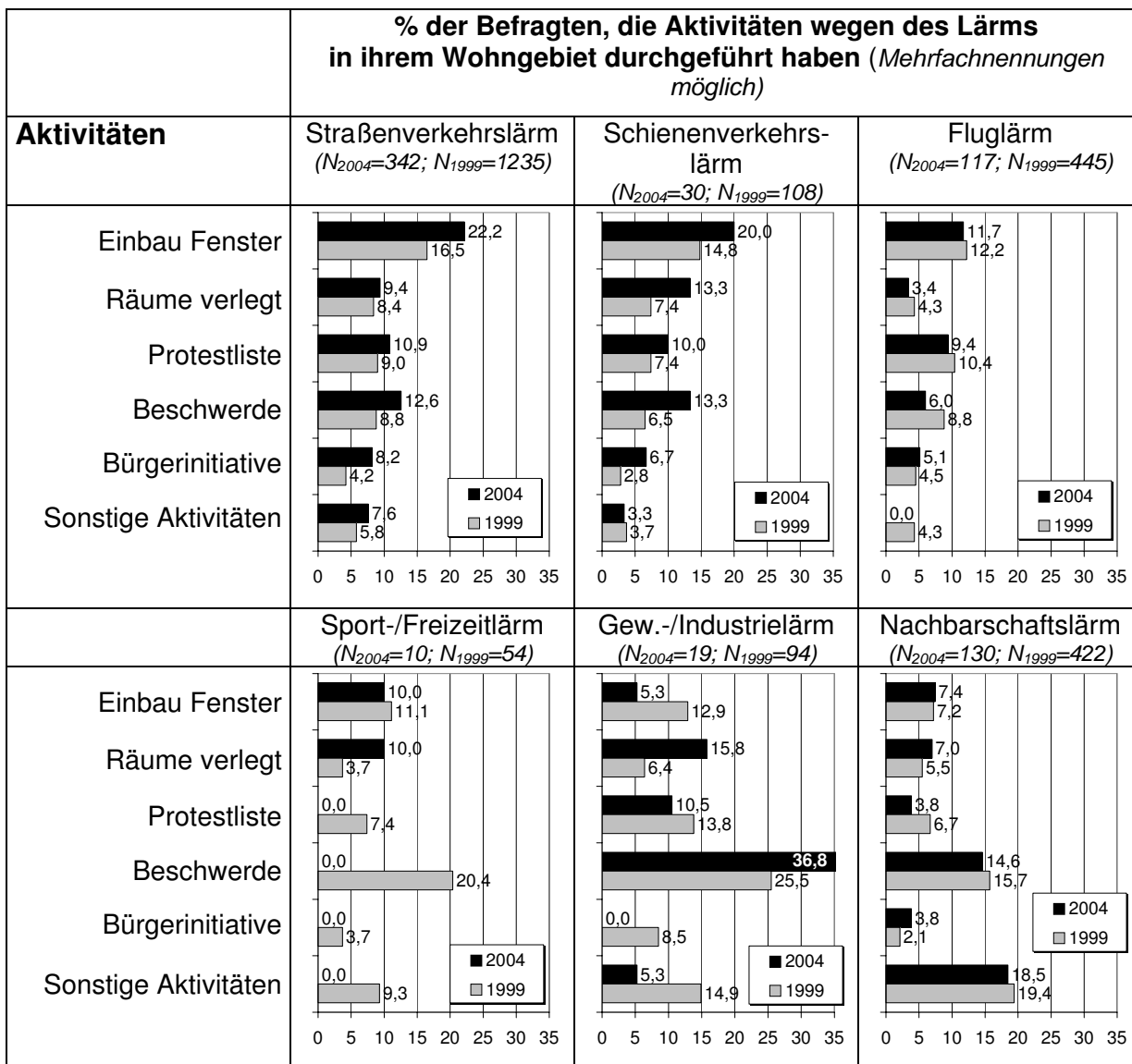
Nacht. Dies trifft eher zu, wenn Gewerbe- und Industrielärm die Hauptlärmquelle darstellt. Die durch Straßenverkehrslärm betroffenen Befragten schützen sich vor dem Lärm durch Schließen der Fenster, darüber hinaus sprechen sie lauter und/oder ziehen sich in einen ruhigeren Raum zurück. Bei den Schienenlärm-Betroffenen überwiegen das „Lautersprechen“ und das Lauterstellen von Radio oder TV-Gerät vor „Fenster während des Lärms geschlossen halten“. Dies gilt ebenso für die Fluglärm-belästigten, die jedoch insgesamt weniger häufig Maßnahmen gegen den Fluglärm ergreifen. Die Maßnahmen „Fenster während des Lärms geschlossen halten“, „Tätigkeiten auf ruhigere Zeiten oder in einen anderen Raum verlegen“ sind die am häufigsten durchgeführten Maßnahmen bei vorliegendem Sport-/Freizeitlärm, Gewerbe/Industrielärm sowie bei Lärm durch Nachbarn. Die am wenigsten durchgeführten Maßnahmen sind bei allen Lärmquellen die Einnah-

me von Beruhigungsmitteln und das Verstopfen der Ohren. Es werden also offensichtlich Maßnahmen bevorzugt, die den Innenraumschallpegel in der Wohnung insgesamt so gering wie möglich halten, bzw. den Lärm maskieren.

In der 1999er Befragung war das Bild insgesamt recht ähnlich, Unterschiede zeigen sich in folgenden Bereichen: Mit der Ausnahme der durch Straßenlärm Betroffenen verzichteten im Untersuchungsjahr 2004 mehr Befragte auf den Aufenthalt auf dem Balkon, alle Befragten – unabhängig von der Lärmquelle – geben an, häufiger laut zu sprechen, tendenziell werden etwas häufiger Tätigkeiten auf ruhigere Zeiten verlegt, das Radio oder TV-Gerät wird ebenfalls etwas häufiger laut gestellt. Das Schließen der Fenster ist in beiden Untersuchungsjahren die häufigste Maßnahme gegen den Lärm, bei den Verkehrslärmarten Straßenlärm, Schienenlärm und Fluglärm hat diese Maßnahme gegenüber 1999 zugenommen.



Tabelle 5-27: Häufigkeit durchgeführter Aktivitäten gegen die Beeinträchtigung durch Lärm



### 5.8.2 Aktivitäten der Lärmbelästigten gegen den Lärm in ihrem Wohngebiet

Tabelle 5-27 auf der vorherigen Seite zeigt die Häufigkeit durchgeführter Aktivitäten gegen die Beeinträchtigung durch den Lärm insgesamt (also nicht nur wegen des Lärms der Hauptlärmquelle) getrennt nach Art der angegebenen Hauptlärmquelle.

Insgesamt werden die Aktivitäten

- eigenverantwortlicher Einbau von Doppelfenstern bzw. Thermopenfenstern und
- bei zuständigen Stellen anrufen bzw. Beschwerdebrief geschrieben

am häufigsten aufgeführt. Gegenüber den Angaben im Jahr 1999 hat sich an der Reihenfolge der Häufigkeit von Aktivitäten gegen den Lärm im Wohngebiet nichts geändert. Die Straßenverkehrslärm-Betroffenen haben am häufigsten selbst Doppelfenster bzw. Thermopenfenster als Schutz gegen den Lärm im Wohnumfeld eingebaut (22,2%), gefolgt von den Aktivitäten „Beschwerde einreichen“ (12,6%) und „Protestliste unterschreiben“ (10,9%). Die meisten der durch Sport-/Freizeit- und Gewerbe-/Industrielärm betroffenen Befragten haben sich überwiegend mit Hilfe von Beschwerden zu helfen versucht. Insbesondere die Beschwerdeführung bezüglich des Gewerbe-/Industrielärms hat mit knapp 37% der Nennungen im Jahr 2004 gegenüber 25,5% der Nennungen im Jahr 1999 deutlich zuge-

nommen. Sofern die Befragten hauptsächlich durch Nachbarschaftslärm betroffen sind, so haben die meisten von ihnen, die gegen den Lärm in ihrem Wohngebiet aktiv geworden sind, sonstige Aktivitäten unternommen (18,5%) und am zweithäufigsten sich bei einer zuständigen

Stelle (z.B. Vermieter) beschwert (14,6%). Sonstige Aktivitäten bedeutet in 79% der Fälle (1999: 96%), dass die Betroffenen sich direkt an den Verursacher (also den lärmenden Nachbarn) gewandt haben, um den Lärm abzustellen (vgl. Tabelle 5-28).

Tabelle 5-28: Sonstige Aktivitäten gegen Lärm im Wohngebiet

Anzahl der Nennungen Mehrfachnennungen möglich	Hauptlärmquelle						
	Straßenverkehr	Schienenverkehr	Flugverkehr	Sport-/Freizeit	Gewerbe / Industrie	Nachbarn	Sonstige Quellen
<b>Sonstige Aktivitäten gegen Lärm</b>							
Beschwerde bei / Kontaktaufnahme mit öffentlichen Stellen (Polizei, Verwaltung, Politik)	9	1				4	1
An Verursacher gewandt	4				1	18	5
Teilnahme an Aktionen, Demos, etc.	3						1
Lärmbezogenes aktives und passives Wahlverhalten	2						
Initiierung einer Verkehrsberuhigungsmaßnahme	2						
Suche von Ausweichmöglichkeiten	2						
Installation einer Dämpfung	1						1
"die Busfahrer angeblitzt mit dem Blitzgerät des Fotoapparates"	1						
Leserbrief schreiben	1						
Antwort nicht zuzuordnen (beantwortet Frage nicht)	1					1	
Verständigung Vermieter						1	
Summe	26	1	0	0	1	24	8

Der Vergleich von Inhalt und Häufigkeit der Durchführung von Aktivitäten je nach Art der Hauptlärmquelle macht offensichtlich, dass, wenn die Betroffenen gegen den *Lärm allgemein* in ihrem Wohngebiet aktiv werden, sich die betreffenden Aktivitäten auf *eine Lärmquelle* konzentrieren (nämlich die Hauptlärmquelle im Wohngebiet). Für diejenigen, die zum Beispiel hauptsächlich durch Straßenverkehrslärm belästigt werden, ist es schwierig einen einzelnen Verursacher dafür auszumachen; der Einbau von Lärmschutzfenstern stellt daher ein geeignetes Vorgehen zur Reduzierung der Straßenlärm-belästigung dar. Dagegen kann etwa beim Nachbarschaftslärm der Verursacher viel besser identifiziert werden. Es ist daher hier auch sinnvoller, sich in dem Fall direkt an den Verursa-

cher zu wenden, zumal ein innerhäusiger Nachbarschaftslärm z.B. durch Einbau von Lärmschutzwänden nicht reduziert werden kann.

### 5.8.3 Zusammenhang zwischen Lärmbelästigung und Lärmbewältigung

Wie die nachfolgende Tabelle 5-29 zeigt, steht die Häufigkeit der einzelnen durchgeführten Maßnahmen gegen den Lärm der Hauptlärmquelle in Zusammenhang mit der Lärmbelästigung (generelle Lärmbelästigung, Lärmbelästigung durch die Hauptlärmquelle) sowie den Störungen durch die Hauptlärmquelle.

Tabelle 5-29: Lärmindernde Maßnahmen und Lärmbelästigung sowie Störungen durch Lärm

Maßnahmen	Lärmbelästigung		Störungen durch Lärm der Hauptlärmquelle					
	Generelle Lärmbelästigung	Belästigung durch Hauptlärmquelle	Kommunikation innen	Kommunikation aussen	Ruhe innen	Ruhe aussen	Schlafstörung	Tagstörung insgesamt
<i>N min</i>	644	594	644	644	644	644	644	644
<i>N max</i>	1024	644	705	705	705	705	705	705
Lauter sprechen	0,37	0,37	0,51	0,45	0,40	0,40	0,25	0,50
Tätigkeit verlegen	0,31	0,34	0,37	0,37	0,46	0,33	0,25	0,45
Zurückziehen	0,37	0,39	0,37	0,40	0,45	0,42	0,31	0,44
Ohren verstopfen	0,16	0,10	0,09	0,03	0,18	0,06	0,20	0,15
Beruhigungsmittel	0,11	0,07	0,12	0,08	0,12	0,10	0,16	0,13
TV/Radio lauter	0,35	0,33	0,51	0,33	0,45	0,28	0,29	0,53
Fenster geschlossen während Lärm	0,43	0,39	0,41	0,37	0,45	0,38	0,38	0,47
Fnst. geschlossen/tags	0,39	0,39	0,38	0,39	0,38	0,34	0,25	0,42
Fnst. geschloss./nachts	0,37	0,29	0,23	0,23	0,31	0,27	0,45	0,30
Verzicht auf Balkon-, Gartenaufenthalt	0,41	0,38	0,22	0,34	0,30	0,36	0,30	0,29

Alle in der Tabelle angegebenen Korrelationskoeffizienten sind statistisch signifikant, stellen also einen überzufälligen Zusammenhang dar. Insgesamt zeigen die Korrelationswerte an, dass je höher die Lärmbelästigung (generelle Lärmbelästigung sowie Belästigung durch die Hauptlärmquelle) und je höher das Ausmaß der lärmbedingten Störungen, um so höher auch die Häufigkeit der durchgeführten Maßnahmen gegen den Lärm der Hauptlärmquelle ist. Sehr deutlich zeigt sich das vor allem bei den Maßnahmen „Lauter sprechen“, „Zurückziehen“ und „Fenster geschlossen halten“ (während des Lärms, tags, nachts).

Aus den Daten der Tabelle 5-29 ist nicht ersichtlich, dass die Durchführung der Maßnahmen zu einer geringen Belästigung führt; in einem solchen Fall wären negative Korrelationen (d.h. umgekehrt proportionale Zusammenhänge) zu erwarten. Vielmehr stellt die Durchführung der Maßnahmen wohl eher eine Reaktion auf Lärm im weiteren Sinne dar, die sich proportional zum Ausmaß der Lärmbelästigung und Gestörtheit

durch Lärm verhält. Anders stellt sich das bei Aktivitäten dar, welche die Befragten ausüben, um gegen die Beeinträchtigung durch den Lärm insgesamt in ihrem Wohngebiet vorzugehen. Die nachfolgende Korrelationstabelle 5-29 weist darauf hin, dass hier die Durchführung einzelner Aktivitäten in einem negativen Zusammenhang zur Lärmbelästigung und den Störungen durch Lärm steht. Die hier aufgelisteten Korrelationskoeffizienten sind zwar insgesamt niedriger als die Werte bei den Maßnahmen gegen die Hauptlärmquelle, sie stellen aber allesamt statistisch signifikante Zusammenhänge dar. Inhaltlich bedeuten die negativen Korrelationswerte: Diejenigen, die gegen den Lärm in ihrem Wohngebiet aktiv werden, sind weniger durch Lärm gestört oder belästigt als diejenigen, die nicht aktiv werden. In beiden Befragungsjahren zeigen sich die unterschiedlichen Zusammenhänge der Gestörtheit und Belästigung durch Lärm mit den kurzfristigen Maßnahmen einerseits und den längerfristig angelegten Aktivitäten gegen Lärm andererseits.

Der prinzipielle Unterschied zwischen den oben genannten Maßnahmen (vgl. Tabelle 5-29) und den hier aufgeführten Aktivitäten (vgl. Tabelle 5-30) gegen den Lärm im Wohngebiet lässt sich wie folgt beschreiben:

- Die bei Eintritt von Lärm durchgeführten Maßnahmen stellen kurzfristig wirkende Verhaltensweisen dar, die *reaktiv* in einer

konkreten Lärmbelastungssituation ausgeführt werden.

- Dagegen bedeuten die in Tabelle 5-30 aufgeführten Handlungsweisen eher ein *Aktiv*-werden, ein persönliches bzw. politisches Engagement zur Reduktion der Lärmbelastung, von dem vermutlich eine längerfristige, präventive Wirkung erhofft wird.

Tabelle 5-30: Aktivitäten gegen den Lärm, Lärmbelästigung sowie Störungen durch Lärm

Untersuchungsjahr 2004								
	Lärmbelästigung		Störungen durch Lärm der Hauptlärmquelle					
Aktivitäten	Generelle Lärmbelästigung	Belästigung durch Hauptlärmquelle	Kommunikation innen	Kommunikation aussen	Ruhe innen	Ruhe aussen	Tagstörung insgesamt	Schlafstörung
<i>N min</i>	669	613	669	667	669	666	669	668
<i>N max</i>	704	645	704	702	704	700	704	703
Einbau Fenster	-0,23	-0,22	-0,08	-0,15	-0,08	-0,14	-0,08	-0,05
Räume verlegt	-0,17	-0,15	-0,13	-0,14	-0,13	-0,14	-0,14	-0,10
Protestliste	-0,22	-0,24	-0,16	-0,20	-0,16	-0,15	-0,18	-0,19
Beschwerde	-0,25	-0,25	-0,20	-0,19	-0,21	-0,20	-0,23	-0,22
Bürgerinitiative	-0,15	-0,20	-0,14	-0,20	-0,09	-0,18	-0,13	-0,14
Sonstige Aktivitäten	-0,16	-0,14	-0,08	-0,06	-0,19	-0,09	-0,14	-0,16
Untersuchungsjahr 1999								
	Lärmbelästigung		Störungen durch Lärm der Hauptlärmquelle					
Aktivitäten	Generelle Lärmbelästigung	Belästigung durch Hauptlärmquelle	Kommunikation innen	Kommunikation außen	Ruhe innen	Ruhe außen	Tagstörung insgesamt	Schlafstörung
<i>N min</i>	2450	2425	2456	2443	2456	2423	2456	2455
<i>N max</i>	2469	2444	2475	2461	2475	2441	2475	2474
Einbau Fenster	-0,17	-0,18	-0,13	-0,16	-0,08	-0,17	-0,15	-0,10
Räume verlegt	-0,16	-0,18	-0,13	-0,14	-0,12	-0,15	-0,16	-0,16
Protestliste	-0,20	-0,23	-0,16	-0,17	-0,17	-0,17	-0,20	-0,17
Beschwerde	-0,22	-0,24	-0,12	-0,16	-0,18	-0,17	-0,19	-0,22
Bürgerinitiative	-0,12	-0,12	-0,06	-0,10	-0,06	-0,12	-0,09	-0,04
Sonstige Aktivitäten	-0,13	-0,13	-0,06	-0,08	-0,15	-0,08	-0,11	-0,19

Offenbar führt dabei dieses Aktiv-werden gegen Lärm zu einer Reduktion in der subjektiven Belästigung und Gestörtheit durch Lärm. Da keine Schallpegel vorliegen, ist unklar, ob der Zusammenhang darin besteht, dass die Aktivitäten gegen Lärm erfolgreich waren, d.h. zu einer tatsächlichen Reduktion in der Schallbelastung geführt haben oder ob es sich um einen von der Schallbelastung unabhängigen Effekt handelt. Letzteres weist auf die in diesem Abschnitt eingangs formulierte Erkenntnis der Lärmwirkungsforschung hin, dass die Vorstellung, die Lärmsituation kontrollieren zu können, die Stressreaktionen auf Lärm (u.a. Lärmbelästigung, Gestörtheit durch Lärm) zu reduzieren vermag

### 5.9 Vorschläge der Befragten zur Lärminderung

Die Befragten wurden nach der Abfrage der Störungen und Belästigungen durch Lärm aufgefordert, selbst vorzuschlagen, was aus ihrer Sicht gegen den Lärm unternommen werden soll. Diese Vorschläge wurden wörtlich notiert und kategorisiert. Im Folgenden wird dargestellt, aus welchen Bereichen sich die Vorschläge zusammensetzen. In Tabelle 5-31 sind die prozentualen Anteile der Nennungen von Vorschlägen zum Lärmschutz im Jahr 1999 und im Jahr 2004 dargestellt.

Tabelle 5-31: Vorgeschlagene Lärmschutzmaßnahmen

Untersuchungsjahr	2004	1999
Minderung im Bereich....	„Wenn Sie entscheiden könnten, was gegen den Lärm hier bei Ihnen unternommen werden soll: Was würden Sie vorschlagen?“	
Straßenverkehr	48,6%	42,2%
Wohnen / Nachbarschaft	16,5%	12,9%
Flugverkehr	9%	11,7%
Industrie / Gewerbe	6,4%	3,2%
Eigeninitiative	4,2%	3,8%
Schienenverkehr	3,8%	2,5%
Allgemeine, quellenunspezifische Vorschläge zum Lärmschutz	3,0%	3,3%
Sport / Freizeit	0,6%	1,0%
Sonstiges	7,9%	19,4%
Anz. der Nennungen	533	1733

Im Jahr 2004 bezogen sich die meisten Vorschläge auf die *Minderung des Straßenverkehrslärms* (48,6%). Dieses Ergebnis belegt die Dominanz der Lärmauswirkung des Straßenverkehrs. In dieser Kategorie finden sich Vorschläge bezüglich der

- Veränderung der Straßenführung
- Lärmdämpfung (Straße und Fahrzeuge)
- Begrenzung von Geschwindigkeiten
- Minderung des Verkehrsaufkommens
- Maßnahmen/Regelungen speziell für Lkws, Busse und Motorräder
- verstärkte staatliche Kontrolle zur Einhaltung von gesetzlichen Regelungen
- verstärkte Selbstkontrolle zur Einhaltung von gesetzlichen Regelungen
- zeitliche Begrenzung von Straßenverkehr

An zweiter Stelle stehen Lärmschutzvorschläge für den Bereich des *Wohnens und der Nachbarschaft*. Hierunter fallen folgende Vorschläge:

- Einforderung von sozialer Rücksichtnahme und Einhalten von Regeln
- Einführung von Verboten und Regelungen für bestimmte Tätigkeiten (Rasenmähen, Musizieren) sowie Ruhezeiten
- Kommunikation / Gespräche mit Nachbarn führen
- Regelung für Kindern und Jugendliche treffen
- Passiver Schallschutz: Umbaumaßnahmen am Haus
- lärmbedingter Wegzug
- verstärkte Kontrolle und Bestrafung bei Nichteinhalten der Regeln
- Regelung für Tiere (vorwiegend für Hunde) treffen
- Bebauungsstruktur von Wohnsiedlungen ändern

An dritter Stelle stehen Vorschläge aus dem Bereich *Fluglärm*. Im Einzelnen wird vorgeschlagen:

- Veränderung der Flugrouten: Verlagerung von Einflugschneisen außerhalb von Wohn – oder Erholungsgebieten, Erhöhen der Flughöhe, Verlegung von Flughäfen
- Einschränkung des Militärflugbetriebs/Verlegen der Anlagen
- Einstellung/Reduzierung des Flugverkehrs, Stoppen des Flughafenausbaus, bestehende Flughäfen stilllegen
- Zeitliche Begrenzung des Flugverkehrs: Nachtflugverbot, Flugverbot in sonstigen Ruhezeiten, Einschränkungen für den Sportflug- sowie Privatflugverkehr

An vierter Stelle stehen Vorschläge aus dem Bereich *Industrie/Gewerbe/Landwirtschaft*. Im Einzelnen werden genannt:

- Einhaltung von zeitlichen Begrenzungen und Arbeitszeiten

- Die Verlagerung / Schließung von Betrieben
- Lärmauflagen für Betriebe: Schallschutzmaßnahmen in den Betrieben

An fünfter Stelle rangieren Vorschläge aus dem Bereich *Eigeninitiative ergreifen*. Hier lassen sich Vorschläge zum aktiven Protest (Bürgerinitiative gründen / mitarbeiten, Unterschriften sammeln, Protestbrief schreiben) von Einstellungsänderungen und Erziehung trennen.

An sechster Stelle wurden Vorschläge zum *Schienenverkehr* gemacht. Genannt wurden:

- Schallschutzmaßnahmen (Schiene und Züge)
- Veränderungen von Fahrtzeiten
- Reduzierung des Zugverkehrs und/oder Geschwindigkeit
- Veränderungen der Strecken

An vorletzter Stelle lassen sich im Bereich *der allgemeinen, quellenunspezifischen Vorschläge zum Lärmschutz* ordnungsrechtliche Maßnahmen (Kontrolle über das Einhalten von Grenzwerten, Veränderung geltender Grenzwerte) von technischen Lösungsvorschlägen (Entwicklung leiserer Geräte, Berücksichtigung von Lärmproblemen bei Bauvorhaben) unterscheiden.

In den letzten Bereich *Freizeit und Sport* fallen die Verlegung von Sportanlagen und/oder deren Zufahrten.

## 5.10 Nichtakustische Einflussgrößen auf die Lärmbelästigung

Die Wirkung des Lärms auf den Menschen wird durch eine Reihe von Faktoren modifiziert, die außerhalb der physikalischen Eigenschaften des Schallereignisses liegen. Diese nichtakustischen Einflussgrößen werden als Moderatoren bezeichnet.

Als Moderatorvariablen werden betrachtet:

alle Variablen bezüglich des Vertrauens oder Misstrauens gegenüber Lärmverantwortlichen, die Lärm-, Geruchs-, Wetter-, sowie Stressempfindlichkeit der befragten Person und der Wohnstatus (Miet-/Eigentümer).

Als Variablen mit unklarem Status werden betrachtet:

Die Wohnzufriedenheit (sowohl mit der Wohnung als auch mit der Wohnumgebung), die Wohndauer im Haus, die Fensterstellung im Wohn- und Schlafraum (tagsüber, nachts, im Sommer, im Winter).

Zu beachten ist, dass eine kausale Interpretation der Korrelationsergebnisse in vorliegender Studie nicht bzw. nur unter Vorbehalt möglich ist. Dies liegt unter anderem daran, dass der Schallpegel in dieser Studie nicht erhoben wurde. Somit kann nur inhaltlich bzw. aus der Literatur heraus begründet werden, ob eine bestehende Korrelation als Einfluss einer angenommenen Moderatorvariable auf die Lärmbelästigung interpretiert werden darf oder nicht. Dies gilt für alle im Folgenden darzustellenden Variablen, insbesondere für die Variablen mit unklarem Status.

## 5.10.1 Moderatorvariablen

### 5.10.1.1 Empfindlichkeitsvariablen

In der vorliegenden Studie wurde zur Messung der Lärmempfindlichkeit auf ein Konzept zurückgegriffen, das sich in einigen Studien bewährte (IF-Studie, 1980; Zeichart et al., 1993; Griefahn et al., 1999; Liepert et al., 1999), und dass die Empfindlichkeit gegenüber Lärm als Teil einer generellen Umweltempfindlichkeit betrachtet. Aus diesem Grund wird neben der Empfindlichkeit gegenüber Lärm auch die Empfindlichkeit gegenüber schlechten Gerüchen, Wettereinflüssen und allgemeinen Belastungssituationen erfragt.

Abbildung 5.5 zeigt das mittlere Ausmaß der einzelnen Empfindlichkeitsvariablen für beide Untersuchungsjahre. In beiden Jahren schätzt sich die Bevölkerung in den erfassten Gebieten im Mittel mit wenig bis mittelmäßig empfindlich gegenüber Umweltbelastungen ein. Die Empfindlichkeit gegenüber Gerüchen wird als am höchsten eingestuft, gefolgt von der Empfindlichkeit gegenüber Lärm. Letztere hat im Vergleich zum Jahr 1999 im Jahr 2004 zugenommen. Auf Basis vorliegender Daten konnte aufgrund des geringen Reliabilitätskoeffizienten (Cronbach's Alpha = .65) kein allgemeiner Umweltempfindlichkeitsindex gebildet werden, so dass die weitere Darstellung der korrelativen Zusammenhänge für jede Empfindlichkeitsvariable einzeln erfolgt.

Die korrelativen Zusammenhänge zwischen den vier Empfindlichkeitsvariablen und der Lärmbelästigung durch die Hauptlärmquellen Straßenverkehr, Schienenverkehr, Flugverkehr, Sport und Freizeit, Gewerbe und Industrie, sowie Nachbarn sind positiv, aber sehr gering (1999: 0.04 - 0.27; 2004: 0.01 - 0.22). Eine positive Korrelation bedeutet, dass Personen, die sich als lärm- oder geruchsempfindlich einstufen, angeben, sich durch generellen Lärm mehr belästigt zu fühlen, als Personen, die angeben, nicht lärm- bzw. geruchsempfindlich zu sein. Die höchsten Korrelationen sind zwischen den Empfindlichkeitsvariablen und der generellen Lärmbelästigung zu finden. Da der Zusammenhang zwischen der Lärmempfindlichkeit und Lärmbelästigung zu beiden Erhebungszeitpunkten sehr gering ist, sollte lediglich ein geringer moderierender Effekt zu erwarten sein. Die Tabelle 5-32 zeigt die Korrelationen zwischen der Umweltempfindlichkeit und der Lärmbelästigung für beide Erhebungsjahre.

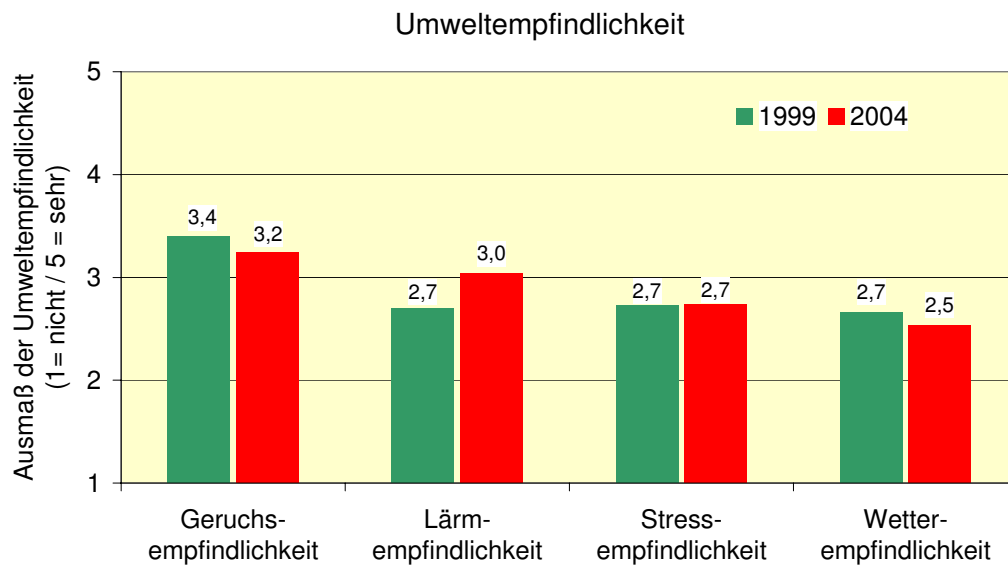


Abbildung 5.5: Die Umweltempfindlichkeiten in den Untersuchungsjahren 2004 und 1999

Tabelle 5-32: Umweltempfindlichkeiten und Lärmbelastigung 2004 und 1999

2004							
Art der Empfindlichkeit	Lärmbelastigung durch ...						
	Straße	Schiene	Flugverkehr	Sport & Freizeit	Gewerbe & Industrie	Nachbarn	generelle Lärmbel.
	Korrelation (Spearman-Rho <sup>6</sup> )						
Lärmempfindlichkeit	0,13**	0,02	0,10**	0,13**	0,08*	0,162**	0,22**
Geruchsempfindlichk.	0,13**	0,02	0,03	0,04	0,06	0,147**	0,13**
Wetterempfindlichkeit	0,07*	0,01	0,02	0,04	0,02	0,09**	0,13**
Stressempfindlichkeit	0,07*	0,01	0,10**	0,05	0,04	0,10**	0,10**
Anz. d. Antwortenden (min / max)	973 / 979	658 / 661	861 / 866	760 / 764	666 / 669	1010 / 1016	1018 / 1024
1999							
Lärmempfindlichkeit	0,18**	0,08**	0,12**	0,09**	0,07**	0,17**	0,27**
Geruchsempfindlichk.	0,09**	0,05**	0,05**	0,04	0,07**	0,10**	0,13**
Wetterempfindlichkeit	0,06**	0,08**	0,11**	0,05	0,07**	0,07**	0,11**
Stressempfindlichkeit	0,08**	0,06**	0,07**	0,04	0,07**	0,10**	0,15**
Anz. d. Antwortenden (min / max)	2902 / 2918	2831 / 2844	2890 / 2904	2857 / 2870	2853 / 2865	2901 / 2915	2979 / 2995

<sup>6</sup> \*signifikant auf dem 5% Niveau; \*\*signifikant auf dem 1%Niveau



### 5.10.1.2 Vertrauen in das Bemühen der Lärmverantwortlichen

Eine Reihe von Untersuchungen konnte zeigen, dass ein Zusammenhang zwischen dem Vertrauen auf den guten Willen der Verantwortlichen bzw. dem Misstrauen gegenüber den Verantwortlichen und der Belästigungsreaktion existiert (Deutsche Forschungsgemeinschaft, 1974; Tracor, 1970; McKennell, 1973). Auch in dieser Studie wurde der Aspekt der Einstellung der Betroffenen gegenüber den Lärmverantwortli-

chen berücksichtigt. Es wurde danach gefragt, wer – nach Einschätzung der Betroffenen – dafür zuständig ist, dass es im eigenen Wohngebiet ruhiger wird. In Tabelle 5-33 wird diese Einschätzung in Abhängigkeit der Belastung durch die Hauptlärmquelle nach den beiden Erhebungsjahren getrennt dargestellt.

Als ein genereller Trend zeigt sich, dass den kommunalen Behörden im Hinblick auf die Zuständigkeit für Lärmbelange zunehmend mehr Verantwortung zugeschrieben wird.

Tabelle 5-33: Lärmverantwortliche 2004 und 1999

Frage: „Wer ist Ihrer Meinung nach dafür zuständig, dass es in Ihrem Wohngebiet ruhiger wird?“  
(eine Nennung möglich)

	2004							
Lärmbelästigung durch...	Straße	Schiene	Flugverkehr	Sport & Freizeit	Gewerbe & Industrie	Nachbarn	Sonstiges	generelle Lärmbel.
Verantwortliche								
Industriebetriebe	2,6%	0%	1,1%	0%	<b>56,3%</b>	3%	4,4%	4,2%
Autofahrer	<b>43%</b>	0%	4,5%	11,1%	6,3%	8,1%	0%	24,1%
öffentl. Verkehrsunternehmen	2,6%	8,7%	0%	0%	0%	2%	0%	2,3%
Deutsche Bahn AG	0,3%	<b>65,2%</b>	0%	0%	0%	3%	0%	3,0%
Flughafenbetreiber	0%	4,3%	<b>45,5%</b>	0%	0%	2%	2,2%	5,6%
kommunale Behörden	31,5%	8,7%	10,2%	<b>88,9%</b>	18,8%	31,3%	33,3%	<b>31,1%</b>
Staat/Regierung	10,9%	13,0%	27,3%	0%	12,5%	7,1%	11,1%	12,7%
Sonstige	8,9%	0%	11,4%	0%	6,3%	<b>43,4%</b>	<b>48,9%</b>	16,9%
Anz. Antwortenden	302	23	88	9	16	99	45	432
	1999							
Industriebetriebe	2,6%	1,0%	0,5%	0%	<b>43,5%</b>	0,3%	3,2%	3,4%
Autofahrer	<b>52,4%</b>	4,2%	6,1%	6,8%	11,8%	16,4%	11,7%	<b>32,3%</b>
öffentl. Verkehrsunternehmen	3,7%	17,7%	0,3%	0%	1,2%	1,2%	1,1%	3,0%
Deutsche Bahn AG	1,0%	<b>54,2%</b>	0,8%	0%	0%	0,9%	2,1%	3,3%
Flughafenbetreiber	0,7%		<b>45,5%</b>	4,5%	0%	1,8%	2,1%	8,7%
kommunale Behörden	22,0%	8,3%	10,0%	<b>59,1%</b>	27,1%	29,2%	<b>38,3%</b>	22,1%
Staat/Regierung	12,2%	11,5%	31,1%	6,8%	9,4%	7,3%	8,5%	14,3%
Sonstige	5,5%	3,1%	5,8%	22,7%	7,1%	<b>43,0%</b>	33,0%	12,9%
Anz. Antwortenden	1142	96	380	44	85	342	94	2183

Die Verteilung der Nennungen pro Hauptlärmquelle zeigt, dass die betroffenen Personen die Verantwortung dafür, dass es im Wohngebiet ruhiger wird, sinnvollerweise den jeweiligen Lärmverursachern bzw. den lärmverantwortlichen Institutionen zuweisen.

- Beispielsweise nennen im Jahr 2004 die hauptsächlich durch Straßenverkehrslärm belästigten Personen zu 43% (52,4% im Jahr 1999) Autofahrer als Verantwortliche, an zweiter Stelle mit 31,5% (1999: 22,0%) kommunale Behörden. Im Vergleich zum Jahr 1999 ist also der Anteil Personen, die Autofahrer als Lärmverantwortliche sehen, im Jahr 2004 um knapp 10% gesunken, dafür wird den kommunalen Behörden mehr Verantwortung zugeschrieben (10%).
- Die durch Schienenverkehrslärm belästigten Personen betrachten zu 65,2% (1999: 54%) die Deutsche Bahn AG als zuständig für mehr Ruhe. Im Vergleich zum Jahr 1999 ist dies eine Steigerung um 11%. An zweiter Stelle der Hauptverantwortlichen stehen nicht mehr die öffentlichen Verkehrsunternehmen, deren Anteil im Jahr 1999 bei 17,7% lag, sondern der Staat bzw. die Regierung mit einem Anteil von 13%.
- Die durch Fluglärm belästigten Personen betrachten die Flughafenbetreiber zu 45,5% (1999: 45,5%) und den Staat/die Regierung zu 27,3% (1999: 31,1%) als zuständig für mehr Ruhe im Wohngebiet. Bezüglich der Verantwortungszuschreibung der Flughafenbetreiber sind keine Veränderungen zu den beiden Erhebungszeiträumen zu finden, der Anteil der Befragten, der dem Staat bzw. der Regierung die Verantwortung gibt, ist im Jahr 2004 um knapp 4% gesunken.
- Die Personen, die sich durch Sport und Freizeitstätten belästigt fühlen, schreiben die Verantwortung zu 88,9% (1999: 59,1%) den kommunalen Behörden zu und zu 11,1% (1999: 6,8%) den Autofahrern. Somit ist der Anteil der zugeschriebenen Verantwortung im Jahr 2004 der kommunalen Behörden um 30% und die der Autofahrer um 4% gestiegen.

- Auch die durch Industrielärm belästigten Personen sehen die Verantwortung zu 56,3% (1999: 43,5%) bei den Industriebetrieben und zu 18,8% (1999: 27,1%) bei den kommunalen Behörden. Im Vergleich zum Jahr 1999 ist der Anteil der verantwortlichen Industriebetriebe um 13 % gestiegen und der Anteil der kommunalen Behörden um 8% gesunken.

Im Anschluss sollte anhand einer Skala von 1 - 5 (1 = nicht, 5 = sehr) eingeschätzt werden, wie stark sich potenzielle Lärmverantwortliche bemühen, die Störung der Bevölkerung durch Lärm zu vermindern.

Tabelle 5-34 und 5-35 zeigen eine auffallend ähnliche Bewertung des Bemühens der einzelnen Verantwortlichen in den beiden Erhebungsjahren: Alle Werte liegen im Mittel zwischen 1 und 3, im Jahr 1999 zwischen 2 und 3 Skalenpunkten, d. h. den Verantwortlichen wird kein bis ein mittelmäßig starkes Bemühen um eine Minderung der Störung durch Lärm im eigenen Wohngebiet unterstellt. Beispielsweise geben die Personen, welche sich vom Straßenverkehr belästigt fühlen und als Hauptverursacher die Autofahrer sehen, an, dass diese sich *überhaupt nicht* bzw. nur *etwas* bemühen, den Lärm zu mindern.

Als nächstes soll ermittelt werden, ob das Vertrauen bzw. das Bemühen der Lärmverursacher um Lärminderung Auswirkungen auf das Ausmaß der Belästigung hat (Tabelle 5-36). Erwartungsgemäß zeigt sich ein negativer korrelativer Zusammenhang zwischen dem Ausmaß an Vertrauen in Lärmverantwortliche und dem Ausmaß an Lärmbelästigung durch die entsprechenden Lärmverursacher. Dies bedeutet bspw., dass sich Betroffene stärker durch Lärm belästigt fühlen, wenn sie glauben, dass sich die Autofahrer nicht/kaum um eine Lärmreduktion bemühen, als Betroffene, die an ein Bemühen der Autofahrer glauben. Allerdings sind die Korrelationen sowohl im Jahr 1999, als auch im Jahr 2004 - wenn auch zum Teil statistisch hoch signifikant - sehr gering. Die höchste Korrelation liegt bei -0,17. Somit kann dem Vertrauen gegenüber den Verantwortlichen, wenn, auch nur ein geringer Einfluss auf das Ausmaß der Lärmbelästigung zugeschrieben werden.

Tabelle 5-34: Vertrauen in Lärmverantwortliche 2004

Lärmbelästigung durch...	Straße	Schiene	Flugverkehr	Sport & Freizeit	Gew. & Industrie	Nachbarn	sonst. Quellen	gen. Lärmbel.
Verantwortliche	„Wie sehr bemühen sich im allgemeinen ...?“ (Mittelwerte)							
Industriebetriebe	2,67	3,15	3,11	3,44	<b>2,69</b>	3,03	2,78	2,79
Autofahrer	<b>1,9</b>	2,1	2,16	1,4	2,58	1,92	1,89	1,94
öffentliche Verkehrsunternehmen	2,63	2,86	2,88	2,56	2,93	2,89	2,72	2,73
Deutsche Bahn AG	2,64	<b>2,59</b>	2,81	2,43	2,62	2,66	2,81	2,63
Flughafenbetreiber	2,32	2,43	<b>2,38</b>	2	2,5	2,24	2,6	2,37
kommunale Behörden	2,69	3,58	2,91	<b>2,78</b>	2,39	2,85	2,69	<b>2,68</b>
Staat/Regierung	2,39	2,75	2,49	3,11	2,29	2,55	2,1	2,37
Sonstige	2,14	-	2,25	-	3	<b>2,48</b>	<b>1,86</b>	2,21
Anz. d. Antwortenden	2031	180	718	62	113	792	360	2994

Tabelle 5-35: Vertrauen in Lärmverantwortliche 1999

Lärmbelästigung durch ...	Straße	Schiene	Flugverkehr	Sport & Freizeit	Gew. & Industrie	Nachbarn	sonst. Quellen	gen. Lärmbel.
Verantwortliche	„Wie sehr bemühen sich im allgemeinen ...?“ (Mittelwerte)							
Industriebetriebe	2,87	3,11	3,16	3,06	<b>2,71</b>	3,05	2,82	2,96
Autofahrer	<b>2,10</b>	2,23	2,34	2,30	2,10	2,18	2,21	<b>2,17</b>
öffentl. Verkehrsunternehmen	2,87	2,90	2,95	3,02	3,16	3,00	2,94	2,93
Deutsche Bahn AG	2,82	<b>2,45</b>	2,90	2,91	3,03	2,84	3,05	2,84
Flughafenbetreiber	2,61	2,58	<b>2,49</b>	2,65	2,82	2,79	2,61	2,63
kommunale Behörden	2,90	3,03	3,03	<b>2,98</b>	2,96	3,06	<b>3,12</b>	2,97
Staat/Regierung	2,53	2,60	2,66	2,68	2,61	2,65	2,56	2,58
Sonstige	2,52	3,33	2,60	2,60	1,67	<b>2,39</b>	2,10	2,40
Anz. d. Antwortenden	1217	107	437	54	92	415	115	2437

Tabelle 5-36 zeigt die Korrelationen zwischen dem Vertrauen und dem Ausmaß der Lärmbelästigung für die beiden Erhebungsjahre.

Tabelle 5-36: Vertrauen in Lärmverantwortliche und Lärmbelästigung 2004 und 1999

	2004						
Lärmbelästigung durch ...	Straße	Schiene	Flugverkehr	Sport & Freizeit	Gew. & Industrie	Nachbarn	generelle Lärmbel.
Verantwortliche	Korrelation zwischen Vertrauen in Verantwortliche und Lärmbelästigung (Spearman-Rho) <sup>7</sup>						
Industriebetriebe	<b>-0,12**</b>	0,03	0,03	0,04	-0,04	-0,06	<b>-0,10*</b>
Autofahrer	<b>-0,12**</b>	0,02	-0,05	-0,06	0	0,0	-0,06
öffentl. Verkehrsunternehmen	-0,06	-0,04	-0,06	0,02	-0,02	0,09*	-0,05
Deutsche Bahn AG	-0,09*	-0,07	<b>-0,12**</b>	-0,04	-0,07	0,04	<b>-0,10*</b>
Flughafenbetreiber	-0,06	-0,10	<b>-0,17**</b>	-0,02	-0,04	0,01	0,02
kommunale Behörden	<b>-0,14*</b>	0,02	-0,07	0,04	<b>-0,11*</b>	-0,04	<b>-0,17**</b>
Staat/Regierung	-0,07	0	-0,02	0,01	-0,05	0,03	<b>-0,13**</b>
	1999						
Industriebetriebe	<b>-0,10**</b>	-0,02	0,01	-0,02	-0,09**	-0,01	-0,07**
Autofahrer	<b>-0,15**</b>	-0,06**	0,04	-0,03	-0,05	-0,07**	-0,06**
öffentl. Verkehrsunternehmen	-0,07**	-0,07**	-0,01	-0,03	-0,01	-0,03	-0,05
Deutsche Bahn AG	-0,04	<b>-0,11**</b>	0,00	-0,03	0,02	0,01	-0,06**
Flughafenbetreiber	-0,03	-0,02	<b>-0,11**</b>	0,00	0,02	0,02	-0,01
kommunale Behörden	<b>-0,15**</b>	-0,02	-0,05	-0,06**	-0,05	-0,08**	<b>-0,15**</b>
Staat/Regierung	<b>-0,11**</b>	-0,03	-0,06**	-0,02	-0,04	-0,03	<b>-0,12**</b>

### 5.10.1.3 Wohnstatus

In Baden-Württemberg wohnen im Jahr 2004 36,2% (39,4% im Jahr 1999) der Befragten zur Miete und 63,8 % (60,1%) sind Eigentümer. Die Anzahl Eigentümer liegt im Jahr 2004 somit etwas höher als im Jahr 1999. Im Zusammenhang mit der berichteten Lärmbelästigung unterscheiden sich Mieter und Eigentümer dahingehend, dass Eigentümer sich weniger lärmbelästigt fühlen. Die mittlere Lärmbelästigung der Eigentümer beträgt 1,8 (1,9) von 5 Skalenpunkten, die Lärmbelästigung der Mieter beträgt im Mittel 2,1, genau wie im Jahr 1999. Die Korrelation zwischen Wohnstatus und Ausmaß der Lärmbelästigung ist, wenn auch hoch signifikant, sehr gering (*Spearman-Rho*= 0,13;  $p < .001$ ;  $n = 1017$ ).

### 5.10.1.4 Soziodemografische Einflussgrößen auf die Lärmbelästigung

In diesem Abschnitt soll überprüft werden, ob ein Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der allgemeinen Lärmbelästigung als auch der Belästigung durch die Hauptlärmquellen und den soziodemografischen Variablen (Alter, Geschlecht, Anzahl der Personen im Haushalt, Schulbildung, Erwerbstätigkeit, Beruf) besteht. Es zeigen sich nur für drei soziodemografische Variablen bedeutsame Zusammenhänge mit den unterschiedlichen Lärmquellen. Dies betrifft das Alter, die Anzahl Personen pro Haushalt und die Schulbildung. Im Folgenden werden nur diese Variablen dargestellt.

- Im Gegensatz zur Erhebung 1999 zeigen sich in der Erhebung 2004 negative Korrelationen mit dem Alter und dem Ausmaß

<sup>7</sup> \* Signifikant auf dem 5% Niveau, \*\* signifikant auf dem 1% Niveau

der Lärmbelästigung durch Straßenverkehr (*Spearman-Rho*:  $-.08$ ,  $p=.018$ ,  $n=973$ ), Industrielärm (*Spearman-Rho*:  $-.08$ ,  $p=.036$ ;  $n=666$ ) und Nachbarschaftslärm (*Spearman-Rho*:  $-.10$ ,  $p<.001$ ,  $n=1002$ ). Dies bedeutet, dass sich ältere Befragte durch die drei Lärmquellen weniger belästigt fühlen als jüngere Befragte. Dies läuft der impliziten Annahme entgegen, dass ältere Menschen lärmempfindlicher seien. Allerdings sind die Zusammenhänge so schwach ausgeprägt, dass - ebenso wie im Jahr 1999 - der Einfluss dieser Variablen nicht weiter betrachtet wird.

- Bezüglich der Schulbildung zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Abschlüssen und der allgemeinen Lärmbelästigung. Es zeigt sich, dass sich Personen mit Abitur bzw. höheren Schulabschlüssen stärker durch allgemeinen sowie durch Straßenlärm belästigt fühlen, als Personen mit mittlerer Reife bzw. niedrigeren Schulabschlüssen.
- Bezüglich des Nachbarschaftslärms zeigt sich dieser Trend nicht. Hier findet sich ein signifikanter Unterschied zwischen den niedrigeren Abschlüssen: Personen mit mittlerer Reife fühlen sich signifikant mehr durch Lärm der Nachbarn gestört, als Personen mit Volks-/Hauptschulabschluss.
- Des Weiteren zeigt sich ein positiver Zusammenhang zwischen der Haushaltsgröße und der Lärmbelästigung durch Fluglärm (*Spearman-Rho*:  $.08$ ,  $p=.019$ ;  $n=866$ ). Dies bedeutet, dass sich Haushalte mit einer hohen Personenanzahl stärker durch Fluglärm belästigt fühlen, als Haushalte mit einer geringen Personenanzahl. Allerdings ist auch diese Korrelation sehr gering, so dass auch diese Variable keinen großen Einfluss haben sollte.

Insgesamt sind die hier dargestellten Zusammenhänge zwischen den soziodemografischen Faktoren und der Lärmbelästigung – soweit überhaupt vorhanden – äußerst gering, vor allem auch im Vergleich zu den Korrelationen zwischen der Lärmbelästigung und Lärmempfindlichkeit sowie dem Vertrauen in für die Lärmreduzierung verantwortlichen Institutionen. Als Ergebnis der vorliegenden Untersuchung kann festgehalten werden, dass in Baden-Württemberg soziodemografische Variablen einen nur geringfügigen bis keinen Beitrag zur Erklärung der Lärmbelästigung leisten.

## 5.10.2 Sonstige Einflussgrößen auf die Lärmbelästigung

### 5.10.2.1 Wohnzufriedenheit

Aus anderen empirischen Untersuchungen zur Lärmwirkung auf den Menschen ist bekannt, dass es einen Zusammenhang zwischen der Belästigung durch Lärm und der Zufriedenheit mit der Wohnung bzw. mit der Wohnumgebung der Befragten gibt.

Im Jahr 2004 geben die Befragten im Mittel an „ziemlich zufrieden“ mit ihrer Wohnung und der Wohnumgebung zu sein (Mittelwert = 4,4; SD 0,91). Im Vergleich zum Jahr 1999 sind die Angaben in etwa gleich geblieben (Mittelwert = 4,3; SD 0,93). Erwartungsgemäß zeigt sich auch eine negative Ausprägung des Zusammenhangs zwischen der Wohnzufriedenheit und der Belästigung durch Lärm. D.h. je zufriedener die Personen mit ihrer Wohnung/Wohngegend sind, desto geringer ist die berichtete Lärmbelästigung. Umgekehrt heißt dies, dass eine größere Unzufriedenheit mit der Wohnumgebung auch mit einer größeren Lärmbelästigung einhergeht. Tabelle 5-37 zeigt die Korrelation zwischen der Wohnzufriedenheit mit der Wohnung oder Wohngegend und der Lärmbelästigung der einzelnen Lärmquellen für das Jahr 1999 und 2004.

Tabelle 5-37: Wohnzufriedenheit und Lärmbelästigung für die Jahre 2004 und 1999

	2004						
Lärmbelästigung durch ...	Straße	Schiene	Flugverkehr	Sport & Freizeit	Gew. & Industrie	Nachbarn	Generelle Lärmbel.
Korrelation Wohnzufriedenheit und Lärmbelästigung (Spearman-Rho) <sup>8</sup>							
Wohnung	-0,18**	-0,16**	-0,07	0,03	0,01	-0,05	-0,16**
Wohngegend	-0,38**	-0,31**	-0,09*	0,02	0,00	-0,15**	-0,17**
Anzahl Antwort. (min/max)	976 / 978	658 / 661	863 / 865	761 / 764	666 / 669	1013 / 1015	1022 / 1023
	1999						
Wohnung	-0,24**	-0,18**	-0,08	-0,01	-0,03	-0,09**	-0,18**
Wohngegend	-0,38**	-0,31**	-0,13**	-0,02	-0,03	-0,20**	-0,22**
Anzahl Antwort. (min/max)	2917 / 2919	2843 / 2845	2903 / 2905	2868 / 2870	2864 / 2866	2915 / 2917	2994 / 2996

Statistisch bedeutsame Korrelationen sind im Bereich der Nachbarschaft, des Straßen- und Schienenverkehrslärms sowie der allgemeinen Lärmbelästigung zu finden. Die größten Korrelationen sind zwischen der Zufriedenheit mit der Wohngegend und der Lärmbelästigung durch den Straßenverkehr sowie mit dem Schienenverkehr zu finden: Je stärker Befragte mit ihrer Wohnumgebung zufrieden sind, desto weniger fühlen sie sich durch Straßenverkehr bzw. Schienenverkehr belästigt. Die insgesamt mäßig ausgeprägten Korrelationen lassen sich im Kontext von Zufriedenheit so erklären, dass Personen aus psychohygienischen Gründen nicht ohne weiteres öffentlich zugeben, mit ihrer Wohnsituation unzufrieden zu sein, insbesondere, wenn sie nicht die Möglichkeit haben den Wohnort zu wechseln. Deshalb sollte nicht der vorschnelle Schluss gezogen werden, es bestehe kein Handlungsbedarf bezüglich einer Lärmreduktion, wenn Personen angeben zufrieden mit ihrer Wohnung/Wohnumgebung zu sein.

#### 5.10.2.2 Wohndauer

Die Wohndauer der Befragten beträgt im Mittel 17 ½ Jahre mit einer Spannweite von 1 bis 72 Jahren. Im Jahr 1999 lag die Wohndauer im Mittel bei 15,2 Jahren mit einer Spannweite von 1-88 Jahren. Zwischen der Wohndauer und dem Ausmaß der Lärmbelästigung zeigen sich im Jahr 2004 einige signifikant negative Zusammenhänge. Beachtenswert sind auf Grund der zu geringen Korrelation nur die Zusammenhänge mit der allgemeinen Lärmbelästigung und der Belästigung durch Schienenverkehrs- sowie Nachbarschaftslärm. Der vorliegende negative Zusammenhang bedeutet, dass bei höherer Wohndauer der befragten Personen, die Lärmbelästigung durch diese drei Lärmquellen niedriger ausfällt, als bei Personen mit kürzerer Wohndauer. Im Jahr 1999 zeigten sich keine beachtenswerten Korrelationen. Tabelle 5-38 zeigt die Korrelationen für beide Erhebungsjahre.

<sup>8</sup> \* Signifikant auf dem 5% Niveau, \*\* signifikant auf dem 1% Niveau

Tabelle 5-38: Wohndauer und Lärmbelästigung für die Jahre 2004 und 1999

	2004						
Lärmbelästigung durch ...	Straße	Schiene	Flugverkehr	Sport & Freizeit	Gew. & Industrie	Nachbarn	generelle Lärmbel.
<b>Korrelation Wohndauer und Lärmbelästigung (Spearman-Rho)<sup>9</sup></b>							
<b>Wohndauer</b>	-0,09**	-0,10**	0,04	0,02	-0,05	-0,14**	-0,12**
Anzahl Antwort.	976	658	863	761	666	1013	1021
	1999						
<b>Wohndauer</b>	-0,03	-0,05**	0,08**	-0,02	-0,01	-0,08**	-0,01
Anzahl Antwort.	2921	2847	2907	2872	2868	2918	2998

Tabelle 5-39: Anzahl der Stunden außer Haus und Lärmbelästigung für die Jahre 2004 und 1999

	2004						
Lärmbelästigung durch ...	Straße	Schiene	Flugverkehr	Sport & Freizeit	Gew. & Industrie	Nachbarn	generelle Lärmbel.
<b>Korrelation Anzahl Stunden außer Haus und Lärmbelästigung (Spearman-Rho)<sup>8</sup></b>							
<b>Anzahl der Stunden außer Haus</b>	0,06	0,09*	-0,04	0,01	0,06	0,06	0,03
Anzahl Antwort.	953	642	841	744	653	989	997
	1999						
<b>Anzahl der Stunden außer Haus</b>	0,05**	0,02	-0,07	0,01	0,02	0,05**	0,02
Anzahl Antwort.	2921	2847	2907	2872	2868	2918	2998

### 5.10.2.3 Anzahl der Stunden außer Haus

Im Jahr 2004 brachten die Befragten im Mittel 7,4 Stunden mit einem Range von 0-19 Stunden außerhalb der Wohnung zu. Im Jahr 1999 waren es im Mittel 7,3 Stunden mit einem Range von 0-24 Stunden. Im Jahr 2004 lässt sich nur ein positiver signifikanter Zusammenhang konstatieren, der aber auf Grund der geringen Höhe keine weitere Beachtung findet. Im Jahr 1999 zeigt sich ein größerer Anteil an signifikanten Korrelationen, deren Richtung aber unterschiedlich ist und zudem sehr gering, so dass auch diese nicht weiter beachtet werden. Tabelle 5-39 zeigt die Korrelation zwischen der Anzahl Stunden außer Haus und der Lärmbelästigung zu beiden Erhebungsjahren.

### 5.10.2.4 Fensterstellung

Prinzipiell kann der Stellung der Fenster Einflusspotential auf die Lärmbelästigung unterstellt werden. Zum einen liegt allein aus physikalischen Gründen eine Reduktion des Schallpegels vor. Dies lässt einen Einfluss dahingehend erwarten, dass die Belästigung durch Lärm bei geschlossenen Fenstern geringer ist. Zum anderen ist es aber auch denkbar, dass die Stellung der Fenster eine Reaktion auf den Lärm darstellt, die der Belästigung durch den Straßenverkehrslärm nachfolgt.

Es ist davon auszugehen, dass die Personen zuerst lärmbeeinträchtigt sind und in der Folge ihr Fenster geschlossen halten (und nicht umge-

<sup>9</sup> \* Signifikant auf dem 5% Niveau, \*\* signifikant auf dem 1% Niveau

kehrt). In diesem Fall sind Personen, die ihre Fenster überwiegend geschlossen halten, trotz gesenktem Pegel stärker durch Lärm belastigt als Personen, deren Fenster überwiegend geöffnet sind. Dieser Befund hat sich in vorangegangenen Untersuchungen des Auftragnehmers bereits häufiger gezeigt (z.B. Griefahn et al., 1999). Hier lagen auch Kenntnisse über die jeweilige tatsächliche Belastung in Form von Schallpegeln vor, die zeigen konnten, dass die Fensterstellgewohnheit der Befragten nicht nur mit der Lärmbelastigung, sondern vor allem auch mit dem Schallpegel korrelierte. Das bedeutet, dass Personen das Fenster als Reaktion auf die Lärmbelastung von außen geschlossen halten und dies um so eher, je belastigter sie sich fühlen.

Da die Fensterstellgewohnheiten von Personen jedoch keine stabile Verhaltensweise darstellen,

sondern von der Art der zu belüftenden Räume genauso abhängen wie von der Jahreszeit, wird diese Einflussgröße in Lärmwirkungsuntersuchungen meist relativ differenziert erfasst. Auch in dieser Untersuchung wurde neben der Art der vorhandenen Fenster (einfache Verglasung, Doppelfenster oder schallisolierte Fenster) die übliche Fensterstellung im Wohn- und im Schlafrum, im Sommer, im Winter, tagsüber und nachts anhand einer 5-stufigen Skala (1= nie; 5=sehr oft) erfragt.

Zunächst kann festgehalten werden, dass die Befragten im Jahr 2004 sowie im Jahr 1999 im Sommer tags und nachts die Fenster vorwiegend geöffnet/gekippt haben (72,7% bzw. 87,5 % im Jahr 2004 und 76,3% bzw. 87,2% im Jahr 1999). Im Winter hält ungefähr die Hälfte der Befragten die Fenster über Nacht geschlossen.

Tabelle 5-40: Mittelwerte der Lärmbelastigung in Abhängigkeit der Fensterstellung für das Jahr 2004 und 1999

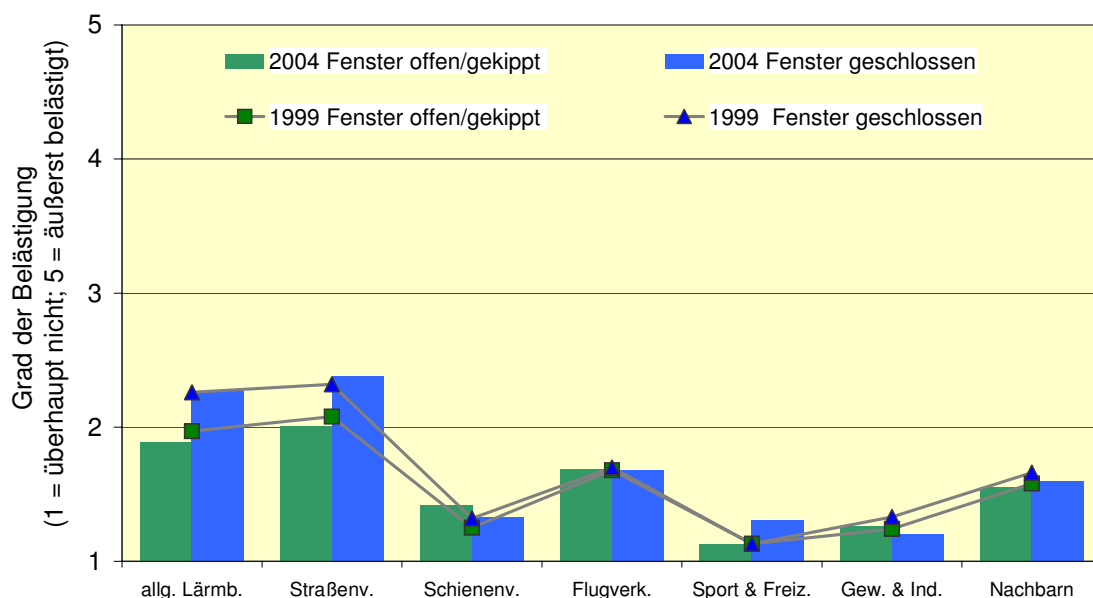
Lärmbelastigung durch ... Fensterstellung...	2004						
	Straße	Schiene	Flugverkehr	Sport & Freizeit	Gew. & Industrie	Nachbarn	generelle Lärmbel.
<b>Im Sommer (tags)</b>							
Überwiegend geöffnet	2,0	1,4	1,7	1,1	1,2	1,6	1,9
Überwiegend geschlossen	2,1	1,4	1,7	1,2	1,3	1,6	1,9
<b>Im Winter (nachts)</b>							
Überwiegend geöffnet	2,1	1,4	1,7	1,1	1,3	1,5	1,9
Überwiegend geschlossen	2,0	1,4	1,7	1,2	1,2	1,6	2,0
Anzahl Antwortenden (min /max)	265 694	185 673	228 691	207 685	178 687	272 693	276 707
Lärmbelastigung durch ... Fensterstellung...	1999						
	Straße	Schiene	Flugverkehr	Sport & Freizeit	Gew. & Industrie	Nachbarn	generelle Lärmbel.
<b>Im Sommer tags</b>							
Überwiegend geöffnet	2,1	1,3	1,7	1,1	1,3	1,6	2,0
Überwiegend geschlossen	2,1	1,3	1,7	1,1	1,2	1,6	2,1
<b>Im Winter nachts</b>							
Überwiegend geöffnet	2,1	1,2	1,7	1,1	1,2	1,6	2,0
Überwiegend geschlossen	2,1	1,3	1,6	1,1	1,3	1,6	2,0
Anzahl Antwortenden (min /max)	536 2205	465 2153	626 2193	546 2165	482 2159	730 2203	734 2268



Der Zusammenhang zwischen der Fensterstellung und der Lärmbelastung durch die unterschiedlichen Lärmquellen ist - genau wie in der Erhebung 1999 - nicht sehr deutlich. Auch im Jahr 2004 zeigen sich nur bezogen auf die *Fensterstellung nachts im Sommer* signifikante Unterschiede in der Höhe der Belästigung durch Straßenverkehrslärm zwischen den Befragten, die das Fenster vorwiegend geöffnet haben und denen, die das Fenster vorwiegend geschlossen halten. Im Jahr 2004 zeigen sich allerdings bezüglich zwei weiterer Lärmquellen signifikante Unterschiede. Dies betrifft einmal die allgemeine Lärmbelastung und die Lärmbelastung, die durch Sport und Freizeitanlagen verursacht wird.

Die Richtung des Zusammenhangs ist auch in dieser Untersuchung so, dass Personen, deren Fenster überwiegend geschlossen sind, sich stärker durch den Straßenverkehrslärm belästigt fühlen, als diejenigen, deren Fenster überwiegend geöffnet sind. Tabelle 5-40 zeigt die mittlere quellspezifische Lärmbelastung für die Personen, die ihr Fenster im Sommer tags und im Winter nachts überwiegend offen oder geschlossen halten. Abbildung 5-6 zeigt die durchschnittliche Höhe der quellspezifischen Lärmbelastung für Personen, die ihr Fenster im Sommer nachts überwiegend offen oder geschlossen halten.

Lärmbelastung und Fensterstellung nachts im Sommer



Anzahl Antwortender	Straßenverkehr	Schienenverkehr	Flugverkehr	Sport- & Freizeit	Gewerbe & Industrie	Nachbarn	generelle Lärmbel.
Fenster überwiegend geöffnet	846 (1738)	573 (1689)	751 (1733)	666 (1713)	577 (1711)	883 (1737)	890 (1735)
Fenster überwiegend geschlossen	125 (253)	84 (247)	107 (251)	93 (249)	86 (243)	125 (252)	126 (252)

Abbildung 5-6: Lärmbelastung in Abhängigkeit von der Fensterstellung 2004 und 1999.

## 6. Literatur

- Deutsche Forschungsgemeinschaft (Hrsg.) (1974). *Fluglärmwirkungen. Eine interdisziplinäre Untersuchung über die Auswirkungen des Fluglärms auf den Menschen*. (DFG-Forschungsbericht). Boppard: Boldt.
- Finke, H.-O., Guski, R. & Rohrmann, B. (1980): Betroffenheit einer Stadt durch Lärm. Bericht über eine interdisziplinäre Untersuchung. Projekt BSL, Band 1: Gesamtkonzept und Hauptuntersuchung. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, Forschungsbericht 80-10501301. Braunschweig: Physikalisch-Technische Bundesanstalt.
- Glass, D. & Singer, J. (1972). *Urban Stress. Experiments on noise and social stressors*. New York, Academic Press.
- Griefahn, B., Möhler, U. Schuemer, R. (Hrsg.) (1999). *Vergleichende Untersuchung über die Lärmwirkung bei Straßen- und Schienenverkehr*. München: SGS.
- IF-Studie (1980). Interdisziplinäre Feldstudie II über die Besonderheiten des Schienenverkehrslärms gegenüber dem Straßenverkehrslärm (Erweiterte Untersuchung). Bericht über ein Forschungsvorhaben zum Verkehrslärmschutzgesetz im Auftrag des Bundesministers für Verkehr (Forschungsnr. 70081/80). Band I: Hauptbericht; Band II: Anhang. München: Planungsbüro Obermeyer.
- Kuckartz U, Grunenberg, H 2002: Umweltbewusstsein in Deutschland 2002. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Natur-schutz und Reaktorsicherheit. Förderkennzeichen 200 17 109. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Natur-schutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.).
- Kuckartz U, Rheingans-Heintze, A 2004: Umweltbewusstsein in Deutschland 2004. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Natur-schutz und Reaktorsicherheit. Förderkennzeichen 203 17 132. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Natur-schutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.).
- Liepert, M., Hegner, A., Möhler, U., Schreckenberg, D., Schümer-Kohrs, A. & Schümer, R. (1999). *Lärmbelastung durch Schienenverkehrslärm vor und nach dem Schienenschleifen*. Zwischenbericht zur Hauptstudie Akzeptanzbefragung. Bericht Nr. 101-707 im Auftrag der Deutschen Bahn AG.
- McKennell, A.C. (1973). Psycho-social factors in aircraft noise annoyance. *Proceeding of the International Congress on Noise as a Public Health Problem*, 627-644.
- Zeichart, K., Sinz, A., Schuemer, R. & Schümer-Kohrs, A. (1993). Erschütterungswirkungen aus dem Schienenverkehr. Bericht über ein interdisziplinäres Forschungsvorhaben im Auftrag des Umweltbundesamtes (Berlin) und des Bundesbahnzentralamtes (München).



## Publikationen des Umweltbundesamtes

---

### **Beeinträchtigung durch Fluglärm: Arzneimittelverbrauch als Indikator für gesundheitliche Beeinträchtigungen**

Forschungsprojekt im Auftrag des  
Umweltbundesamtes  
FuE-Vorhaben  
Förderkennzeichen 205 51 100

November 2006

**Eberhard Greiser  
Katrin Janhsen  
Claudia Greiser**

Umweltforschungsplan  
des Bundesministeriums für Umwelt,  
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Förderkennzeichen 205 51 100

**Beeinträchtigung durch Fluglärm:  
Arzneimittelverbrauch als Indikator  
für gesundheitliche Beeinträchtigung**

Eberhard Greiser<sup>1,2</sup>  
unter Mitarbeit von Katrin Janhsen<sup>3</sup> und Claudia Greiser<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Epi.Consult GmbH, Bremen

<sup>2</sup>Institut für Public Health und Pflegeforschung, Universität Bremen

<sup>3</sup>Zentrum für Sozialpolitik, Universität Bremen

IM AUFTRAG DES  
UMWELTBUNDESAMTES

**Überarbeitete Fassung März 2007**

Dieses Forschungsvorhaben wurde gefördert durch finanzielle Zuwendungen  
der Ärzte-Initiative für ungestörten Schlaf e.V., Siegburg,  
der Gemeinden Hennef, Lohmar, Neunkirchen-Seelscheid, Siegburg,  
des Rhein-Sieg-Kreises  
und des Umweltbundesamtes (Förderkennzeichen: 205 51 100)

## Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer 205 51 100 UBA-FB	2.	3.
4. Titel des Berichts Beeinträchtigung durch Fluglärm: Arzneimittelverbrauch als Indikator für gesundheitliche Beeinträchtigung		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Greiser, Eberhard Janhsen, Katrin Greiser, Claudia	8. Abschlussdatum 30.11.2006	
	9. Veröffentlichungsdatum	
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Epi.Consult GmbH Hackfeldstr. 21 28213 Bremen	10. UFOPLAN-Nr. 205 51 100	
	11. Seitenzahl 110	
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift)  Umweltbundesamt, Postfach 1406, 06813 Dessau	12. Literaturangaben 39	
	13. Tabellen und Diagramme 25	
	14. Abbildungen 40	
15. zusätzliche Angaben		
16. Zusammenfassung Ziel der Studie war es, anhand von Routinedaten gesetzlicher Krankenkassen den Einfluss von Fluglärm des Flughafens Köln-Bonn auf das Verordnungsverhalten niedergelassener Ärzte zu untersuchen. Die Daten von 809.379 Versicherten von 7 gesetzlichen Krankenkassen mit Hauptwohnsitz in der Stadt Köln, im Rhein-Sieg-Kreis und im Rheinisch-Bergischen Kreis wurden mit adresssgenauen Lärmdaten (Flugverkehr, Strassenverkehr, Schienenverkehr) zusammengeführt. Analysiert wurde für vier Zeitfenster des Fluglärms am Tage und in der Nacht der Zusammenhang zwischen Lärmintensität und Arzneiverordnungen für relevante Arzneimittelgruppen. Es zeigten sich von der Lärmintensität abhängige Erhöhungen der Verordnungshäufigkeit und der Verordnungsmenge für Arzneimittel zur Behandlung erhöhten Blutdrucks, Arzneimittel zur Behandlung von Herz- und Kreislauferkrankungen, Tranquillizern, Beruhigungs- und Schlafmitteln. Die Effekte waren bei Frauen deutlich stärker ausgeprägt als bei Männern. Eine Kombination verschiedener Arzneimittelgruppen, die ein Indikator für schwerer erkrankte Patienten ist, wurde in Abhängigkeit von der Fluglärminstensität deutlich häufiger verordnet als Arzneimittel der einzelnen Arzneimittelgruppen für sich allein. Die stärksten Effekte waren durch Fluglärm in der zweiten Nachthälfte (3.00-5.00 Uhr) zu beobachten. Alle Effekte waren für nächtlichen Strassenlärm, nächtlichen Schienenlärm, Sozialhilfe-Häufigkeit des Stadt- bzw. Ortsteils, die Dichte von Alten- und Pflegeheimplätzen der Gemeinden, sowie die Möglichkeit zur Beantragung von Schallschutzmassnahmen beim Flughafen Köln-Bonn kontrolliert.		
17. Schlagwörter: Wirkungen nächtlichen Fluglärms, epidemiologische Studie, Arzneiverordnungen, Antihypertensiva, Cardiaca, Kombinationen von Arzneimitteln Tranquillizer		
18.	19.	20.

## **Inhaltsverzeichnis**

Berichtskennblatt	3
Tabellenverzeichnis	7
Abbildungsverzeichnis	9
<b>Zusammenfassung</b>	11
<b>Danksagung</b>	14
<b>1. Einleitung</b>	16
<b>2. Material und Methoden</b>	18
2.1 Lärmdaten	18
A. Fluglärmdaten	18
B. Verkehrslärmdaten	20
2.2 Adressdaten	20
2.3 Aggregierte Strukturdaten	21
2.4 Verarbeitung von Lärm- und Strukturdaten	21
2.5 Daten der gesetzlichen Krankenkassen	22
A. Stammdaten	
B. Daten über Arzneiverordnungen	
C. Lärm- und Strukturdaten	
2.6 Datenaufbereitung	22
2.7 Statistische Auswertungen	24
A. Deskriptive Analysen	24
B. Multivariate logische Regression	24
C. Multiple lineare Regressionen	27
2.8 Grafische Präsentationen	27
	28
<b>3. Ergebnisse</b>	
A. Deskriptive Analysen	28
3.1 Fluglärmdaten	28
3.2 Daten der gesetzlichen Krankenkassen	32
a. Allgemeine Daten	32
b. Arzneimitteldaten	32

B. Ergebnisse logistischer Regressionen	37
3.4 Fluglärm als Einflussfaktor	37
3.5 Straßenverkehr als Einflussfaktor	57
C. Multiple lineare Regressionen	58
3.6 Einfluss des Fluglärms auf die Verordnungsmenge von Arzneimitteln	58
3.7 Einfluss von Lärmschutzmöglichkeiten auf die Verordnungsmenge	64
<b>4. Diskussion</b>	68
Limitationen der Studie	68
Validität der Studie	70
Fluglärm und kardiovaskuläre Effekte	78
Fluglärm, psychische Erkrankungen und psycho-aktive Arzneimittel	82
Zur Problematik der Bestimmung von präventiven Fluglärm-Grenzwerten	84
<b>Arbeitsgruppe für Qualitätssicherung</b>	88
<b>Glossar</b>	89
<b>Literatur</b>	92
<b>Anhang</b>	95
<b>Votum der Arbeitsgruppe Qualitätssicherung</b>	96
Abbildung A1. Verordnung von Tranquillizern, Sedativa, Hypnotika (jemals) nach Quartil der Sozialhilfe-Häufigkeit – Männer	103
Abbildung A2. Verordnung von Tranquillizern, Sedativa, Hypnotika (jemals) nach Quartil der Sozialhilfe-Häufigkeit – Männer mit mindestens 1 Verordnung	103
Abbildung A3. Verordnung von Tranquillizern, Sedativa, Hypnotika (jemals) nach Quartil der Sozialhilfe-Häufigkeit – Frauen	104
Abbildung A4. Verordnung von Tranquillizern, Sedativa, Hypnotika (jemals) nach Quartil der Sozialhilfe-Häufigkeit – Frauen mit mindestens 1 Verordnung	104
Abbildung A5. Verordnung von Antidepressiva (jemals) nach Quartil der Sozialhilfe-Häufigkeit - Männer	105



Abbildung A6. Verordnung von Antidepressiva (jemals) nach Quartil der Sozialhilfe-Häufigkeit – Männer mit mindestens 1 Verordnung	105
Abbildung A7. Verordnung von Antidepressiva (jemals) nach Quartil der Sozialhilfe-Häufigkeit – Frauen	106
Abbildung A8. Verordnung von Antidepressiva (jemals) nach Quartil der Sozialhilfe-Häufigkeit – Frauen mit mindestens 1 Verordnung	106
Tabelle A-1. Korrelations-Koeffizienten sämtlicher Verkehrslärm-Parameter	107
Tabelle A-2. Prävalenz (%) der kombinierten Verordnung von Arzneimitteln aus verschiedenen Arzneimittelgruppen während des Versicherungszeitraums.	110

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.	Versicherte der kooperierenden Krankenkassen	32
Tabelle 2.	Häufigkeit und Menge von Arzneiverordnungen nach Geschlecht und Altersgruppe	33
Tabelle 3.	Nächtlicher Fluglärm (3.00-5.00 Uhr) und Arzneimittelgruppen	37
Tabelle 4.	Nächtlicher Fluglärm (3.00-5.00 Uhr) nach Median und Arzneimittelgruppen	39
Tabelle 5.	Nächtlicher Fluglärm (23.00-1.00Uhr) und Arzneimittelgruppen	42
Tabelle 6.	Nächtlicher Fluglärm (23.00-1.00 Uhr) nach Median und Arzneimittelgruppen	43
Tabelle 7.	Nächtlicher Fluglärm (22.00-6.00 Uhr) und Arzneimittelgruppen	44
Tabelle 8.	Nächtlicher Fluglärm (22.00-6.00 Uhr) nach Median und Arzneimittelgruppen	45
Tabelle 9.	Fluglärm am Tage (6.00-22 Uhr) und Arzneimittelgruppen	46
Tabelle 10.	Fluglärm am Tage (6.00-22 Uhr) nach Median und Arzneimittelgruppen	47
Tabelle 11.	Fluglärm nachts (3.00-5.00Uhr) und Antihypertensiva nach Quartilen der Sozialhilfe-Häufigkeit und des Fluglärms	49
Tabelle 12.	Fluglärm nachts (3.00-5.00 Uhr) und Cardiacs nach Quartilen der Sozialhilfe-Häufigkeit und des Fluglärms	50
Tabelle 13.	Fluglärm nachts (3.00-5.00 Uhr) und Cardiacs & Antihypertensiva nach Quartilen der Sozialhilfe-Häufigkeit und des Fluglärms	51
Tabelle 14.	Fluglärm nachts (3.00-5.00 Uhr) und Cardiacs & Antihypertensiva & Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika nach Quartilen der Sozialhilfe-Häufigkeit und des Fluglärms	52
Tabelle 15.	Fluglärm nachts (3.00-5.00 Uhr) und Cardiacs & Antihypertensiva & „restliche“ Arzneimittel Quartilen der Sozialhilfe-Häufigkeit und des Fluglärms	53
Tabelle 16.	Fluglärm nachts (3.00-5.00 Uhr) und Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika nach Quartilen der Sozialhilfe-Häufigkeit und des Fluglärms	54
Tabelle 17.	Fluglärm nachts (3.00-5.00 Uhr) und Antidepressiva nach Quartilen der Sozialhilfe-Häufigkeit und des Fluglärms	55

Tabelle 18.	Fluglärm nachts (3.00-5.00 Uhr) und Gastro-Intestinalia nach Quartilen der Sozialhilfe-Häufigkeit und des Fluglärms	56
Tabelle 19.	Antihypertensiva und Strassenverkehrslärm nach Quartilen	57
Tabelle 20.	Cardiaca und Straßenverkehrslärm nach Quartilen	58
Tabelle 21.	Fluglärm-Effekte für Arzneimittelgruppen nach Zeitscheiben	76
Tabelle 22.	Nachvollziehbarkeit der Begründungen zur Begrenzung nächtlicher Lärmeinwirkungen – Maximalpegel (innen) des Gutachtens G12.1 im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens zur Erweiterung des Flughafens Frankfurt am Main (30.7.2004)	86
Tabelle 23.	Nachvollziehbarkeit der Begründungen zur Begrenzung nächtlicher Lärmeinwirkungen – äquivalenter Dauerschallpegel (innen) des Gutachtens G12.1 im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens zur Erweiterung des Flughafens Frankfurt am Main (30.7.2004)	87

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.	Durchschnittliche Flugbewegungszahlen für verschiedene Tages- und Nachtzeiten am Verkehrsflughafen Köln/Bonn im Jahr 2004	18
Abbildung 2.	Verteilung der Nachtflugbewegungen am Flughafen Köln/Bonn im Jahr 2004	19
Abbildung 3.	Verteilung der von Fluglärm Betroffenen für verschiedene Zeitfenster	28
Abbildung 4.	Fluglärmbelastung am Tage (6.00 bis 22.00 Uhr) im Bereich des Flughafens Köln/Bonn	29
Abbildung 5.	Fluglärmbelastung während der Nachtzeit (22.00 bis 6.00 Uhr) im Bereich des Flughafens Köln/Bonn	30
Abbildung 6.	Fluglärmbelastung während der Nachtstunden von 23.00 bis 1.00 Uhr im Bereich des Flughafens Köln/Bonn	30
Abbildung 7.	Fluglärmbelastung während der Nachtstunden von 3.00 bis 5.00 Uhr im Bereich des Flughafens Köln/Bonn	31
Abbildung 8.	Verordnung von Antihypertensiva für Männer (jemals)	35
Abbildung 9.	Verordnungsvolumen (DDD) pro Versicherungsjahr von Antihypertensiva Männer mit mindestens 1 Verordnung	35
Abbildung 10.	Verordnung von Antihypertensiva für Frauen (jemals)	36
Abbildung 11.	Verordnungsvolumen (DDD) pro Versicherungsjahr von Antihypertensiva Frauen mit mindestens 1 Verordnung	36
Abbildung 12.	Nächtlicher Fluglärm (3.00-5.00 Uhr) nach Quartilen und Arzneimittelgruppen (Männer)	40
Abbildung 13.	Nächtlicher Fluglärm (3.00-5.00 Uhr) nach Quartilen und Arzneimittelgruppen (Männer)	41
Abbildung 14.	Nächtlicher Fluglärm (3.00-5.00Uhr) nach Quartilen und Arzneimittelgruppen (Frauen)	41
Abbildung 15.	Nächtlicher Fluglärm (3.00-5.00 Uhr) nach Quartilen und Arzneimittelgruppen (Frauen)	42
Abbildung 16.	Verordnung von Antihypertensiva bei Männern (DDD)	60
Abbildung 17.	Verordnung von Antihypertensiva bei Frauen (DDD)	60
Abbildung 18.	Verordnung von Tranquillizern, Sedativa, Hypnotika bei Männern (DDD)	61

Abbildung 19.	Verordnung von Tranquillizern, Sedativa, Hypnotika bei Frauen (DDD)	61
Abbildung 20.	Verordnung von Antidepressiva bei Männern (DDD)	62
Abbildung 21.	Verordnung von Antidepressiva bei Frauen (DDD)	62
Abbildung 22.	Verordnung von Cardiacs bei Männern (DDD)	63
Abbildung 23.	Verordnung von Cardiacs bei Frauen (DDD)	63
Abbildung 24.	Lärmschutz-Möglichkeit und Verordnung von Tranquillizern etc. bei Männern (DDD)	64
Abbildung 25.	Lärmschutz-Möglichkeit und Verordnung von Tranquillizern etc. bei Frauen (DDD)	65
Abbildung 26.	Lärmschutz-Möglichkeit und Verordnung von Antihypertensiva bei Männern (DDD)	66
Abbildung 27.	Lärmschutz-Möglichkeit und Verordnung von Antihypertensiva bei Frauen (DDD)	66
Abbildung 28.	Individuelle soziale Faktoren in Abhängigkeit des Sozialindikators Arbeitslosigkeit im Wohnumfeld (K. Berger, Greifswald 2006)	69
Abbildung 29.	Anzahl der Arztkontakte innerhalb von 12 Monaten (Nationaler Untersuchungs-Survey 1998)	72
Abbildung 30.	Prävalenz der Hypertonie im Nationalen Untersuchungs-Survey 1998	73
Abbildung 31.	Bekanntheitsgrad der eigenen Hypertonie (Nationaler Untersuchungs-Survey 1998)	73
Abbildung 32.	Häufigkeit der Arzneitherapie bei Hypertonikern (Nationaler Untersuchungs-Survey 1998)	73

## Zusammenfassung

1. Zur Abklärung einer möglichen Gesundheitsgefährdung durch nächtlichen Fluglärm um den Flughafen Köln-Bonn wurde eine epidemiologische Studie durchgeführt. Dazu wurden die Daten von mehr als 809.000 Versicherten von sieben gesetzlichen Krankenkassen mit Lärmdaten aus verschiedenen Lärmquellen zusammen gebracht. Dieses entspricht mehr als 42% der Gesamtbevölkerung der Studienregion (Stadt Köln, Rhein-Sieg-Kreis, Rheinisch-Bergischer Kreis).
2. Für diese Studie wurden Daten über Verordnungen von Arzneimitteln durch niedergelassene Ärzte herangezogen. Diese Daten standen in unterschiedlichem Umfang (7 Monate – 4 Jahre) zur Verfügung. Insgesamt kamen dadurch Daten aus mehr als 1.8 Millionen Versichertenjahren zusammen. Damit ist die vorliegende Studie weltweit die größte epidemiologische Studie, die jemals zur Untersuchung möglicher gesundheitlicher Folgen des Fluglärms durchgeführt wurde.
3. Fluglärm wurde auf der Basis von Daten aller Flugbewegungen des Flughafens Köln-Bonn für das Kalenderjahr 2004 als Dauerschallpegel für alle Adressen im Umfeld des Flughafens berechnet, soweit der Lärmpegel 39 dB(A) überstieg. Der Dauerschallpegel wurde für verschiedene Zeitfenster am Tage (6.00-22.00 Uhr) und in der Nacht (22.00-6.00 Uhr, 23.00-1.00 Uhr, 3.00-5.00 Uhr) berechnet.
4. Straßenverkehrslärm und Schienenverkehrslärm wurde adressgenau aus den Daten des Lärm-Screening-Projektes des Landesumweltamtes des Landes Nordrhein-Westfalen für den Tag (6.00-22.00 Uhr) und für die Nacht (22.00-6.00 Uhr) übernommen.
5. Um mögliche Verzerrungen durch unterschiedlichen sozialen Status der Versicherten in den statistischen Analysen korrigieren zu können, wurden die Sozialhilfe-Häufigkeiten der Stadt- und Orts-Teile der Städte und Gemeinden der Studienregion einbezogen.
6. Für die Bewohner einiger durch Fluglärm belasteter Regionen bestand die Möglichkeit, beim Flughafen Köln-Bonn die Finanzierung von Lärmschutzmaßnahmen zu beantragen. Dieses Faktum wurde ebenfalls als Korrekturvariable für die Auswertungen herangezogen.
7. Die statistischen Auswertungen erfolgten mit zwei Verfahren: Es wurde berechnet, wie häufig überhaupt Arzneiverordnungen für bestimmte Arzneimittelgruppen in fluglärmbelasteten Regionen erfolgten. Dabei erfolgte ein Vergleich mit denjenigen Regionen, in denen überhaupt kein Fluglärm vorhanden war und der nächtliche Strassen- und Schienenverkehrslärm unter 35 dB(A) lag. Im zweiten statistischen Verfahren wurde die Menge verordneter Arzneimittel pro Versicherungsjahr in Abhängigkeit vom Fluglärm, Straßen- und Schienenverkehrslärm und anderen Korrekturvariablen berechnet.

8. Die Auswertungen erfolgten für verschiedene Gruppen von Arzneimitteln: Präparate zur Behandlung erhöhten Blutdrucks, Arzneimittel zur Behandlung von Erkrankungen des Herzens und des Blutkreislaufs, Tranquillizer, Schlaf- und Beruhigungsmittel, Arzneimittel zur Behandlung von Depressionen und von Erkrankungen der Verdauungsorgane und schließlich die sonstigen Arzneimittel.
9. Die Auswertungen ergaben generell, dass insbesondere nächtlicher Fluglärm zwischen 3.00 und 5.00 Uhr einen Einfluss auf die Häufigkeit und die Menge verordneter Arzneimittel hatte. Insgesamt zeigten sich alle Effekte bei Frauen deutlicher als bei Männern. Dieser Befund erklärt sich dadurch, dass Frauen nach allen vorliegenden Untersuchungen häufiger einen niedergelassenen Arzt konsultieren und deswegen auch häufiger eine Arzneiverordnung erhalten als Männer. Die wesentlichen Befunde sind im Folgenden für nächtlichen Fluglärm (3.00-5.00 Uhr) für geringere Lärm-Belastung (40-45 dB(A)) und für stärkere Lärmbelastung (46-61 dB(A)) dargestellt.
10. Blutdrucksenkende Arzneimittel wurden für Männer mit stärkerer Lärmbelastung um 24% häufiger verordnet als in der Vergleichsregion. Bei Frauen wurden diese Arzneimittel schon bei geringerer Belastung 27% häufiger verordnet, bei stärkerer Fluglärmbelastung um 66% häufiger.
11. Arzneimittel zur Behandlung von Herz- und Kreislauferkrankungen (ohne blutdrucksenkende Mittel) wurden bei geringer lärmbelasteten Männern um 14% häufiger verordnet, bei stärkerem Fluglärm um 27% häufiger. Die entsprechenden Werte für Frauen liegen mit 22% und 116% deutlich höher.
12. Schwerer erkrankte Patienten benötigen z.T. Arzneimittel aus verschiedenen Arzneimittelgruppen. Bei solchen Patienten, die sowohl blutdrucksenkende Medikamente und Medikamente für Herz- und Kreislauferkrankungen benötigten stiegen unter dem Einfluss von Fluglärm die Verordnungshäufigkeiten stärker an. Bei Männern fanden sich hier Erhöhungen um 17% (geringer Fluglärm) und 44% (stärkerer Fluglärm), während bei Frauen die Steigerungen wieder höher ausfielen (37% bzw. 184%).
13. Tritt bei schwerer erkrankten Patienten noch die Notwendigkeit der Verordnung eines Tranquillizers oder eines vergleichbar wirkenden Arzneimittels hinzu, zeigen sich statistisch signifikante Erhöhungen lediglich bei Frauen. Hier liegen die Anstiege bei 79% (geringerer Fluglärm) bzw. 211% (stärkerer Fluglärm).
14. Die Verordnung von Tranquillizern, Schlaf- und Beruhigungsmitteln als einzelne Arzneimittelgruppe ist bei Männern in Abhängigkeit von der Fluglärmintensität nicht erhöht, bei Frauen finden sich Erhöhungen um 29% in Gegenden mit geringerer nächtlicher Fluglärmbelastung und um 35% in Regionen mit stärkerem Fluglärm.

15. Die Verordnungsmengen pro Versicherungsjahr steigen vor allem bei älteren Patientinnen und Patienten mit steigender Belastung durch Fluglärm stärker an. Leben die Versicherten in Zonen, bei denen die Möglichkeit zur Finanzierung von Schallschutzmaßnahmen für Schlafzimmer durch den Flughafen gegeben war, so sinkt die Verordnungsmenge vor allem für Tranquillizer, Schlaf- und Beruhigungsmittel im Vergleich zu solchen Zonen, in denen eine solche Finanzierungsmöglichkeit nicht gegeben war. Dennoch steigen auch bei Schallschutzfinanzierung durch den Flughafen die Verordnungsmengen mit steigendem Fluglärmpegel. Für die Verordnungsmengen von blutdrucksenkenden Arzneimitteln fallen derartige Effekte durch Schallschutzmöglichkeiten deutlich geringer aus als bei den Tranquillizern.
16. Zusätzliche Analysen zeigen, dass die wesentlichen Effekte in Regionen mit einem ungünstigeren Sozialstatus z.T. stärker ausfallen als in Regionen mit geringerer Häufigkeit von Sozialhilfe-Empfängern.
17. Bei einer weiteren Zusatzuntersuchung zeigte sich, dass Straßenverkehrslärm allein imstande ist, die Verordnungshäufigkeit von blutdrucksenkenden Arzneimitteln und Medikamenten zur Behandlung von Herz- und Kreislauferkrankungen zu erhöhen.
18. Die Befunde der vorliegenden Studie werden gestützt durch epidemiologische Studien, die im Ausland durchgeführt wurden (Schweden, Niederlande, Italien). Diese Studien hatten jedoch insgesamt einen kleineren Umfang und stützten sich häufig auf repräsentative Befragungen. Die vorliegende Studie beruht ausschließlich auf objektiven Daten.
19. Die Ergebnisse dieser Studie erlauben nicht die Feststellung eines Kausalzusammenhanges zwischen Fluglärm und Arzneiverordnungen, da wesentliche Faktoren, die zur Krankheitsentstehung und damit zu Arzneiverordnungen führen können, nicht berücksichtigt werden konnten. Dieses wäre nur in einer epidemiologischen Fall-Kontroll-Studie möglich, bei der bei einzelnen Patienten und einer Vergleichsgruppe aus der Allgemeinbevölkerung diese Faktoren zusätzlich erhoben würden.



## **Danksagung**

Jede epidemiologische Studie ist das Ergebnis einer erfolgreichen Kooperation zwischen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern verschiedener Disziplinen. Bei der epidemiologischen Studie, deren Methoden und Ergebnisse hier vorgelegt werden, waren darüber hinaus zahlreiche politische Entscheidungsträger und Verwaltungsmitarbeiter beteiligt.

Besonderer Dank gilt den politischen Entscheidungsträgern, die trotz extrem angespannter Haushaltslage durch einen Zuschuss die Finanzierung der Studie sichern halfen. Hier sind insbesondere zu nennen der Landrat und die Verwaltung des Rhein-Sieg-Kreises, und stellvertretend für die einzelnen Gemeinden, die zur Finanzierung beitrugen, die Bürgermeister: für die Stadt Siegburg Bürgermeister Franz Huhn, für die Stadt Lohmar Bürgermeister Wolfgang Röger, für die Stadt Hennef Bürgermeister Klaus Pipke und für die Stadt Neunkirchen-Seelscheid Bürgermeister Helmut Meng.

Daneben sind von der Stadt Köln, vom Rhein-Sieg-Kreis und vom Rheinisch-Bergischen Kreis Adress-Daten und Regionaldaten bereitgestellt worden. Hierfür gebührt besonderer Dank Rainer Liebmann und Udo Lapschies vom Umwelt- und Verbraucherschutzamt der Stadt Köln, Thomas Merten von der Verwaltung des Rheinisch-Bergischen Kreises, sowie dem Leiter des Gesundheitsamtes und weiteren Mitarbeitern der Verwaltung des Rhein-Sieg-Kreises.

Der Flughafen Köln-Bonn stellte die Daten sämtlicher Flugbewegungen des Jahres 2004 sowie sämtliche Anschriften zur Verfügung, deren Bewohner Anträge auf Finanzierung von Lärmschutzmaßnahmen stellen konnten. Hierfür waren insbesondere verantwortlich der Technische Direktor des Flughafens, Wolfgang Klapdor, und Martin Partsch als Leiter der Fluglärmmessstelle des Flughafens. Vom Landesumweltamt des Landes Nordrhein-Westfalen erhielten wir durch Richard Hillen die Daten des Lärmscreening-Programms für die Stadt Köln, den Rhein-Sieg-Kreis und den Rheinisch-Bergischen Kreis.

Ohne die große Bereitschaft der Vorstände verschiedener gesetzlicher Krankenkassen, mit den Daten der bei ihnen versicherten Mitglieder zur Studie beizutragen, wäre das Projekt nicht durchführbar gewesen. Dass nach positiver Entscheidung für

eine Teilnahme die Daten in dem erforderlichen Format zur Verfügung gestellt wurden, ist Mitarbeitern der Krankenkassen in den IT-Abteilungen und in anderen Bereichen dafür zu danken, dass Routinedaten in z.T. ungebräuchlichen Datenformaten und Verarbeitungsprozeduren für Zwecke des Forschungsprojektes aufbereitet werden konnten. Stellvertretend für viele weitere Personen sind in der folgenden Tabelle für jede Krankenkasse die Entscheidungsträger und Mitarbeiter aufgeführt, über die im Wesentlichen die Kontakte liefen.

Krankenkasse	Vorstand	Mitarbeiter
AOK Rheinland	Wilfried Jacobs	Dr. Christoph Rupprecht Bernd Eisele
TK	Dr. Christoph Straub	Dr. Frank Petereit
DAK	Prof. Dr. h.c. Herbert Rebscher	Burkhardt Seemann Kristina Braasch
BKK Ford	Lutz Kaiser	Andreas Gusinde
BKK Metro-Kaufhof	Petra E. Bieber	Markus Koch
BKK Rheinland	Dieter Schölwer	Wolfgang Kraye
GBK Köln	Helmuth Wasserfuhr	Dr. Robert Becker

Die Deutsche Rentenversicherung Bund und die Deutsche Rentenversicherung Rheinland erklärten sich bereit, für alle bei ihnen versicherten Renterinnen und Rentner die gerundeten Rentenhöhen in faktisch anonymisierter Form zur Verfügung zu stellen. Besonderer Dank gilt hier den Vertretern der Datenschutz-Abteilungen (Ulf-Heiko Gerold, DRV Bund, und Franz-Wilhelm Hausmann, DRV Rheinland) sowie Christina Prox, die bei der DRV Bund, die Datenaufbereitung koordiniert.

(Der Prozess des Datentransfers von den Krankenkassen zu den Rentenversicherungsträgern ist noch nicht abgeschlossen, so dass die Integration der Einkommen der im Erwerbsleben stehenden Versicherten und der Rentner als Indikator für den Sozialstatus noch nicht erfolgen konnte.)

## 1. Einleitung

Der Anlass für umweltepidemiologische Studien ist gelegentlich eine Idee eines Epidemiologen, häufiger jedoch eine Beobachtung eines niedergelassenen Arztes oder die Vermutung einer Bürgerinitiative, dass ein Umweltfaktor Ursache von Krankheitshäufungen oder Symptomen sein könnte.

Anlass für die jetzt vorliegende Studie zu möglichen Einflüssen nächtlichen Fluglärms des Flughafens Köln-Bonn auf die Gesundheit der betroffenen Bevölkerung waren Beobachtungen einer Gruppe von Ärztinnen und Ärzten im Rhein-Sieg-Kreis, die vermuteten, dass die in ihren Praxen gehäuft auftretenden psycho-vegetativen Störungen und Fälle von Bluthochdruck auf den Nachtflugverkehr des Flughafens zurückgehen könnte. Diese Ärztegruppe hat sich später zur Ärzte-Initiative für ungestörten Schlaf e.V. zusammengeschlossen.

Besorgnis über mögliche Fehlinterpretationen der Studie über Nachtfluglärmwirkungen des Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin der DLR (Basner et al. 2004) veranlasste die Ärzte-Initiative dazu, beim damaligen Direktor (E.G.) des Bremer Instituts für Präventionsforschung und Sozialmedizin (BIPS) um Rat zu bitten.

In Diskussionen mit Vertretern der Ärzte-Initiative entstand die Idee, dem Verdacht mit einer epidemiologischen Studie nachzugehen.

Epidemiologische Studien sind kosten- und personalintensiver als klinische Studien. Deshalb ist es gute epidemiologische Praxis, beim Versuch, einen einmal geäußerten Verdacht aufzuklären, zunächst eine Studienform zu wählen, die auf möglichst ökonomische Weise weitere Hinweise erbringen kann, ob der Verdacht völlig unbegründet ist, oder ob eine weiterführende aufwendigere Studie für einen Kausalbeweis erforderlich ist.

Kostengünstig sind in der Epidemiologie solche Studien, für deren Durchführung auf bereits bestehende Routinedaten zurückgegriffen werden kann. Deshalb wurde entschieden, eine Studie mit Daten der gesetzlichen Krankenkassen in Angriff zu nehmen. Die gesetzlichen Krankenkassen verfügen seit Beginn des Jahrhunderts über personenbezogene Daten hoher Qualität, die unter Wahrung des Datenschutzes für epidemiologische Forschungen zu einer unersetzlichen Datenquelle geworden sind.

Das Design der nun vorliegenden Studie sah vor, personenbezogene Daten von Arzneiverordnungen niedergelassener Ärzte mit adressbezogenen Verkehrslärmdaten (Flugverkehrslärm, Straßenverkehrslärm und Schienenverkehrslärm) zusammen zu bringen. Bei den Analysen sollte zudem ein Indikator für den sozialen Status der Versicherten einbezogen werden können.

Es wurde eine Pilotstudie mit Daten von Versicherten mit Wohnsitz im Rhein-Sieg-Kreis durchgeführt, soweit sie bei Betriebskrankenkassen versichert waren. Ein Vergleich von Arzneiverordnungen für Versicherte aus drei Gemeinden, die stark vom Fluglärm betroffen waren (Siegburg, Lohmar, Hennef) mit den Daten von Versicherten aus fluglärmfreien Vergleichsgemeinden ergab erhebliche größere Verordnungsmengen für eine Reihe von Arzneimittelgruppen (blutdrucksenkende Arzneimittel, Tranquillizer, Beruhigungsmittel und Schlafmittel, Arzneimittel zur Behandlung von Depressionen und zur Behandlung Herz- und Kreislaufkrankheiten). Die Ergebnisse dieser Pilotstudie boten die Basis für die Akquisition der Forschungsmittel der jetzt vorliegenden Studie, die am 1.10.2005 begann.

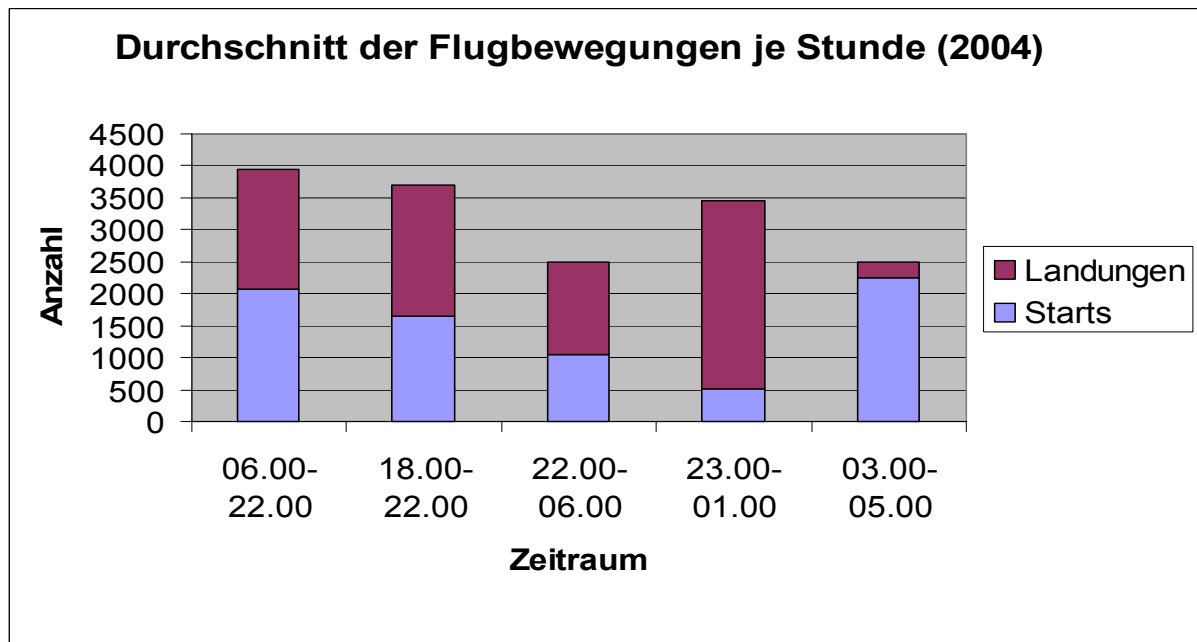
## 2. Material und Methoden

### 2.1 Lärmdaten

#### A. Fluglärmdaten

Die Flughafen Köln/Bonn GmbH hat Daten über sämtliche Flugbewegungen des Kalenderjahres 2004 nach Luftfahrzeug, Zeitpunkt und Flugroute zur Verfügung gestellt. Diese Einzelflugdaten wurden von der AVIA-Consult, Strausberg, in ein Datenerfassungssystem (DES) überführt und auf der Basis der sechs verkehrsreichsten Monate des Jahres unter Verwendung einer modifizierten „Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen“ (AzB 99 –  $Leq_{(3)}$ ) in geokodierte Dauerschallpegel für definierte Zeitfenster umgerechnet.

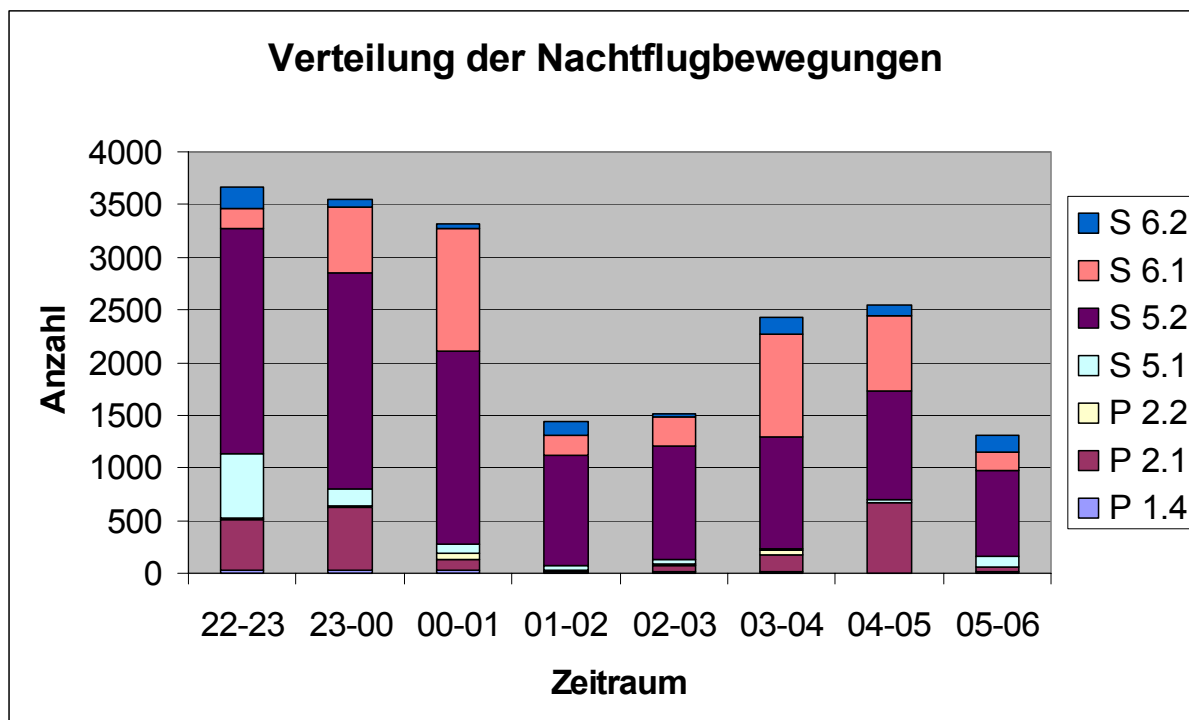
Abbildung 1.: Durchschnittliche Flugbewegungszahlen für verschiedene Tages- und Nachtzeiten am Verkehrsflughafen Köln/Bonn der 6 verkehrsreichsten Monate 2004



Im Vergleich dazu zeigt Abbildung 2 die Verteilung der einzelnen Flugzeugklassen für die gleichen Zeitperioden. Diese Auswertungen führten zur endgültigen Festlegung der Zeitfenster, deren Dauerschallpegel für die Analysen des Projektes herangezogen werden sollten. Diese Zeitfenster bezogen sich auf:

- die gesamte Nacht (22.00 bis 6.00 Uhr),
- den gesamten Tag (6.00 bis 22.00 Uhr),
- die Nachtstunden 23.00 bis 1.00 Uhr,
- die Nachtstunden 3.00 bis 5.00 Uhr.

Abbildung 2. Verteilung der Nachtflugbewegungen am Flughafen Köln/Bonn der 6 verkehrsreichsten Monate im Jahr 2004



AzB-Flugzeuggruppe	Definition
P 1.4	Propellerflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 2 bis 5,7 t
P 2.1	Propellerflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 5,7 t, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt, Band I, Kapitel 3 oder Kapitel 10 entsprechen.
P 2.2	Propellerflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 5,7 t, die nicht der Luftfahrzeuggruppe P 2.1 zugeordnet werden können.
S 5.1	Strahlflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) bis 50 t, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt, Band I, Kapitel 3 entsprechen.
S 5.2	Strahlflugzeuge mit einer Höchststartmasse (MTOM) über 50 t bis 120 t und einem Triebwerks-Nebenstromverhältnis größer als 3, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt, Band I, Kapitel 3 entsprechen.
S 6.1	Strahlflugzeuge mit zwei Triebwerken und einer Höchststartmasse (MTOM) über 120 t, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt, Band I, Kapitel 3 entsprechen.
S 6.2	Strahlflugzeuge mit drei oder vier Triebwerken und einer Höchststartmasse (MTOM) über 120 t bis 300 t, die den Anforderungen des Anhangs 16 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt, Band I, Kapitel 3 entsprechen. Das Luftfahrzeugmuster Airbus A340 ist von dieser Gruppe ausgenommen, da es in der Gruppe S 6.3 gesondert erfasst wird.

Die Zeitfenster der Nacht entsprechen der Haupt-Landezeit für Frachtflugzeuge (23-1 Uhr) und der Haupt-Startzeit für Frachtflugzeuge (3-5 Uhr). Die Dauerschallpegel wurden für einen Pegelbereich von 40 dB(A) aufwärts berechnet.

An weiteren Daten hatte der Flughafen Köln/Bonn eine Datei zur Verfügung gestellt, die sämtliche Anschriften enthielt, deren Bewohner die Finanzierung von baulichen Lärmschutzmassnahmen durch den Flughafen beantragen konnten. Die von der Flughafen Köln/Bonn GmbH zur Verfügung gestellten Daten erlauben die Unterscheidung von Versicherten, die Anspruch auf bauliche Lärmschutzmassnahmen im Rahmen des freiwilligen Schallschutzprogramms des Flughafens haben und denjenigen, die nicht unter dieses Programm fallen. Es liegen aber keine Daten darüber vor, ob die anspruchsberechtigten Versicherten ihre Ansprüche tatsächlich realisiert haben. Aller Erfahrung nach lässt aber ein großer Teil der Anspruchsberechtigten bauliche Lärmschutzmaßnahmen vornehmen.

## **B. Verkehrslärmdaten**

Vom Landesumweltamt des Landes Nordrhein-Westfalen wurde im Rahmen eines sogenannten Screening-Projektes eine Lärmkartierung des gesamten Bundeslandes erstellt (Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen: Screening der Geräuschbelastung in NRW.11.2.200). Für Zwecke des Forschungsprojektes wurden Rasterdaten zu Verfügung gestellt, die den Bereich der Stadt Köln, des Rheinisch-Bergischen Kreises und des Rhein-Sieg-Kreises umfassten. Für Straßen und Schienenwege waren Dauerschallpegel für den Tag (6.00 bis 22.00 Uhr) und für die Nacht (22.00 bis 6.00 Uhr) verfügbar; die Dauerschallpegel lagen für einen Pegelbereich von 35 dB(A) aufwärts vor. Die Berechnung der Straßenlärmdaten wurden auf der Basis von Verkehrszählungen für Autobahnen, Bundes-, Landes-, Kreis-Straßen und Hauptgemeindestraßen Berechnungen auf der Basis der „Richtlinie zum Schallschutz an Straßen“ (RLS90) durchgeführt.

Die Rasterdaten wurden für die Stadt Köln vom Umwelt- und Verbraucherschutzamt der Stadt Köln in geokodierte Daten umgesetzt. Für die beiden Kreise erfolgte dieses durch AVIA-Consult. Zusätzlich stellte die Stadt Köln Daten ihres eigenen differenzierten Lärmkatasters zur Verfügung. Diese Daten umfassen im Wesentlichen die rechtsrheinischen Stadtteile.

## **2.2 Adressdaten**

Adressdaten für das Forschungsprojekt entstammen verschiedenen Datenquellen:

- Die Stadt Köln lieferte Adressdaten für sämtliche Gebäude innerhalb des Stadtgebietes und stellte gleichzeitig die Lärmdaten (Fluglärm, Verkehrslärm) gelinkt zu den Adressdaten zur Verfügung.
- Für die beiden Kreise standen geokodierte Adressdaten des Landesvermessungsamtes zur Verfügung.
- Daten zur Verbindung von Straßen bzw. Adressen zu einzelnen Ortsteilen waren in der Adressdatenbank der Stadt Köln bereits vorhanden.
- Für die beiden Kreise mussten diese Informationen aus verschiedenen z.T. disparaten Datenquellen erschlossen werden.

### **2.3 Aggregierte Strukturdaten**

Für Zwecke des Forschungsprojektes waren Daten über die Sozialstruktur von Ortsteilen bzw. Stadtteilen erforderlich. Es wurde entschieden, hierfür die Anteile von Sozialhilfe-Empfängern an der Gesamtbevölkerung heranzuziehen, da diese Daten offenkundig als einzige in identischer Form für alle Gemeinden verfügbar waren. Zusätzlich ist die Dichte von Alten- und Pflegeheim-Plätzen bezogen auf die über 64-jährige Bevölkerung der Städte und Gemeinden (im Falle der Stadt Köln bezogen auf Stadtteile) ermittelt worden.

### **2.4 Verarbeitung von Lärm- und Strukturdaten**

Die Aufbereitung der Flugdaten des Jahres 2004 in geokodierte Dauerschallpegel einer Adressdatenbank für sämtliche Wohnanschriften der Stadt Köln, des Rheinisch-Bergischen Kreises und des Rhein-Sieg-Kreises nach AZB99 (Leq3) erfolgte durch die Firma Avia-Consult, Strausberg. Diese Firma übernahm auch die Integration der vom Landesumweltamt des Landes Nordrhein-Westfalen bereitgestellten Verkehrslärmdaten für die beiden Kreise in die Adressdatenbank. Von der Stadt Köln erfolgte die Integration der Fluglärmdaten sowie der Verkehrslärmdaten, soweit Kölner Anschriften betroffen waren.

Sämtliche Lärm- und Strukturdaten sind mit den insgesamt 376.223 Adressen der gesamten Untersuchungsregion verbunden worden. Diese Datenbank enthielt schließlich neben der Postleitzahl den Namen der Gemeinde, Strasse, Hausnummer und Hausnummern-Zusatz sowie einen Characterstring mit den die Lärm- und Strukturdaten.



## 2.5 Daten der gesetzlichen Krankenkassen

Von den kooperierenden Krankenkassen wurden folgende Einzel-Daten aus verschiedenen Datenbanken in faktisch anonymisierter Form zur Verfügung gestellt:

### A. Stammdaten

- pseudonymisierte Id-Nummer,
- Geburtsjahr,
- Geschlecht,
- Postleitzahl des Wohnortes,
- Beginn und Ende eines Versicherungsverhältnisses,
- Beitragsbemessungsgrundlage bei Pflichtversicherten, die noch im Erwerbsleben standen,
- Status als Stamm- bzw. Familienversicherter,
- Zuordnung mit Familienversicherten zum Stammversicherten.

### B. Daten über Arzneiverordnungen

- pseudonymisierte Id-Nummer,
- Verordnungsdatum,
- Pharmazentralnummer (PZN).

Die PZN erlaubt für die einzelnen Kalenderjahre die Identifizierung jedes auf dem deutschen Markt befindlichen Arzneimittels nach Handelsnamen, Applikationsform und Packungsgrösse.

### C. Lärm- und Strukturdaten

Die Krankenkassen erhielten die Adress-Datenbank der gesamten Studienregion mit den Lärm- und Strukturdaten. Auf der Basis der Anschriften der einzelnen Versicherten wurde ein Linkage für jeden Versicherten durchgeführt. Für das Forschungsprojekt wurde sodann für jeden Versicherten die pseudonymisierte Id-Nummer mit dem anhängenden Charakterstring für das Forschungsprojekt aufbereitet.

## 2.6 Datenaufbereitung

Die Stammdaten der gesetzlichen Krankenkassen wurden für einzelne Versicherte aus verschiedenen Versicherungsphasen auf die gesamte Versicherungsdauer sowie Beginn und Ende des gesamten Versicherungsverlaufs zusammengeführt.

Bei Arzneiverordnungsdaten wurde zunächst für jedes Kalenderjahr aus einer für die Kalenderjahre 2004 – 2005 vorhandenen Datenbank eine Umsetzung von Pharmazentralnummer auf das von der WHO entwickelte Klassifikations-System ATC (Anatomic Therapeutic Classification) umgesetzt. Dieses System erlaubt die Zusammenführung von verschiedenen Arzneyspezialitäten in ein System, das sowohl die Indikation als auch die pharmakologischen Wirkstoffe berücksichtigt. Zum ATC-System gehört auch das System der sogenannten definierten Tagesdosen (Defined Daily Doses = DDD). Dieses System erlaubt die quantitative Zusammenfassung verschiedener Arzneimittel unter Berücksichtigung von Dosierung und Packungsgröße.

Nach Umsetzung der Einzelverordnungen und Klassifikation nach ATC und Bestimmung der DDD wurden für die weitere Verarbeitung im Rahmen des Projektes folgende Arzneimittelgruppen gebildet

- Antihypertensiva (Arzneimittel zur Behandlung erhöhten Blutdrucks):  
ATC-Codes: C02, C03, C07, C08, C09
- Cardiaca (Arzneimittel zur Behandlung von Herz- und Kreislauf-Erkrankungen, außer Antihypertensiva): ATC-Codes: C01, C10
- Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika (Schlaf- und Beruhigungsmittel):  
ATC-Codes: N05B, N05C
- Antidepressiva: ACT-Codes: N06A, N06B, N06C
- Arzneimittel zur Behandlung von Erkrankungen des Verdauungstraktes (Gastro-Intestinalia): ATC-Codes: A02, A03, A04, A05, A06, A07, A09
- „Restliche“ Arzneimittel: alle ATC-Codes außer den oben genannten und unter Ausschluss von Arzneimitteln zur Behandlung von Magen- und Darmstörungen.

Um Verordnungen für multimorbide Patienten adäquat analysieren zu können, wurde ermittelt, ob im zu analysierenden Versicherungszeitraum für einzelne Versicherte Verordnungen von Arzneimitteln aus verschiedenen Arzneimittelgruppen erfolgt waren. Dabei wurden folgende Kombinationen untersucht:

- Antihypertensiva und Cardiaca,
- Antihypertensiva und Cardiaca und Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika,
- Antihypertensiva und Cardiaca und mindestens ein Arzneimittel aus der Gruppe der „restlichen“ Arzneimittel.

-

Für jeden Versicherten wurde bestimmt, ob innerhalb der Versicherungszeit, für die von der jeweiligen Krankenkasse Arzneiverordnungsdaten zur Verfügung gestellt worden waren, überhaupt mindestens eine Verordnung erfolgt war. Außerdem wurde für jede Arzneimittelgruppe (außer für die „restlichen“ Arzneimittel) die Anzahl von DDDs über den Versicherungszeitraum aufsummiert und als DDD pro Versicherungsjahr für die statistischen Analysen herangezogen. Da dieser Wert bei sehr kurzen Versicherungszeiten und gleichzeitiger Verordnung größerer Packungen astronomisch hohe Werte annehmen kann, wurde die Anzahl von DDD pro Versicherungsjahr auf  $3 \times 365$  DDD begrenzt.

Ein finaler Auswertungsdatensatz enthielt außer relevanten Stammdaten (Geburtsjahr, Geschlecht, Postleitzahl des Wohnortes, Versicherungsdauer und Versicherungszeitraum) aus den Arzneiverordnungen abgeleitete Variable, die für die oben angeführten Arzneimittelgruppen eine Binär-Variable (mindestens eine Verordnung im Versicherungszeitraum) sowie DDD pro Versicherungsjahr enthielten. Außerdem waren die adress-spezifischen Lärmdaten und Strukturdaten enthalten.

## **2.7 Statistische Auswertungen**

Statistische Auswertungen erfolgten auf drei Ebenen:

### **A. Deskriptive Analysen**

Im Rahmen von deskriptiven Analysen wurden im Wesentlichen Verteilungen relevanter Ziel- und Einflussvariablen dargestellt, bei versicherten-bezogenen Daten in der Regel nach Geschlecht und Altersgruppen. Für diese Form von Analysen wurde vorwiegend die SAS-Prozedur SUMMARY, SAS-Version 8.2 herangezogen.

### **B. Multivariate logische Regression**

Die multivariate logistische Regression erlaubt es, die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Ereignisses in Abhängigkeit von einer oder mehreren Einflussvariablen zu schätzen.

Als Ereignisvariable (abhängige Variable) wurde im Rahmen dieses Forschungsprojektes die mindestens einmalige Verordnung eines Arzneimittels aus einer der definierten Arzneimittelgruppen definiert.

Als Einflussfaktoren (= unabhängige Variable) wurden in sukzessiven Analysen die verschiedenen Fluglärmparameter in folgender Form eingesetzt:

- Fluglärm ab 40 dB(A) als Dauerschallpegel für den Versicherten überhaupt vorhanden (Binär-Variable),
- Nach Ermittlung des Medianwertes für den entsprechenden Fluglärmparameter Zugehörigkeit der Wohnung des Versicherten zum Lärmbereich unter bzw. über dem Medianwert.
- Für nächtlichen Fluglärm zwischen 3 und 5 Uhr wurden zusätzliche Analysen für Quartile des Fluglärmparameters und für Quartile innerhalb von Quartilen der Sozialhilfe-Häufigkeit durchgeführt.

Als weitere Einflussfaktoren, für die eine Adjustierung erforderlich war, wurden folgende Variable verwendet:

- Alter,
- Fluglärmparameter als stetige Variable
- Straßenverkehrslärm nachts (22.00 bis 6.00 Uhr)
- Schienenverkehrslärm nachts (22.00 bis 6.00 Uhr)
- Häufigkeit von Sozialhilfe-Empfängern des Stadt- bzw. Ortsteils
- Dichte von Alten- und Pflegeheimplätzen der Gemeinde bzw. des Ortsteils
- Möglichkeit zur Beantragung von baulichen Lärmschutzmaßnahmen beim Flughafen Köln/Bonn.

Die Häufigkeit von Sozialhilfe-Empfängern ist als Indikator für die Sozialschicht der Versicherten einbezogen worden. Es ist aus einer Vielzahl von Untersuchungen des Auslands, aber auch aus Deutschland bekannt, dass Sozialschicht mit einer Vielzahl von Risikofaktoren und darüber hinaus mit erhöhten Erkrankungshäufigkeiten und Sterblichkeit vergesellschaftet ist. Es wäre deswegen ein erhebliches Defizit des Studiendesigns gewesen, wenn kein Indikator für Sozialschicht in die Studie einbezogen worden wäre. Im Falle einer vorgefundenen Beziehung zwischen Fluglärm und z.B. der Verordnung von Arzneimitteln zur Senkung erhöhten Blutdrucks müsste argumentiert werden, dass vor allem Angehörige der sozialen Unterschicht kaum Möglichkeiten hätten, dem Fluglärm durch Wohnungswechsel in einen ruhigeren Stadtteil zu entgehen. Dieses würde automatisch zu einem erhöhten Anteil von Unterschichtangehörigen in einer Region mit stärkerem Fluglärm führen und damit zu

einem Schein-Zusammenhang zwischen Fluglärm und Arzneiverordnungen. In vergleichbarer Weise ist die Einbeziehung der Dichte von Altenheimplätzen in die Analysen zu sehen. Eine Verdichtung von Alten- und Pflegeheimen in Zonen, die durch Fluglärm belastet sind, könnte eine vergleichbare Scheinkorrelation aufscheinen lassen.

Um Wechselwirkungen zwischen einzelnen Einflussvariablen für die Adjustierung berücksichtigen zu können, wurden sog. Interaktionsterme gebildet. Diese beinhalten:

- Interaktion zwischen Fluglärm und Sozialhilfe-Häufigkeit
- Interaktion zwischen Alter und Fluglärm.

Solche Interaktionsterme sind immer dann bei multivariaten logistischen Analysen angezeigt, wenn eine Korrektur für unterschiedlich enge Beziehungen zwischen verschiedenen Einflussvariablen in ihren verschiedenen Ausprägungen vorhanden oder zu vermuten sind. So ist ein unterschiedlicher Einfluss der Variable Fluglärm in verschiedenen Altersgruppen anzunehmen, da unterschiedlich starke Lärmempfindlichkeit bei verschiedenen Altersgruppen (u.a. nach den Ergebnissen des Nationalen Untersuchungs-Surveys 1998) angenommen werden muss. Bei der Analyse der Häufigkeit von Sozialhilfe-Empfängern nach Quartilen des nächtlichen Fluglärms (s.u.) zwischen 23 und 1 Uhr zeigten sich starke Unterschiede zwischen den einzelnen Quartilen. Die Einführung eines Interaktionsterms wirkt hier vergleichbar adjustierend wie die Durchführung einer Altersstandardisierung beim Vergleich von Populationen mit unterschiedlicher Altersstruktur.

Exploratorisch wurden auch logistische Regressionen mit Fluglärmparametern als stetige Variable durchgeführt. Es zeigten sich hierbei Hinweise auf nicht-lineare Effekte. Da aufgrund des Berechnungsverfahrens (AZB99) ohnehin von Ungenauigkeiten im unteren Pegelbereich ausgegangen werden muss, wurde der Unterteilung in Belastungskategorien (Median bzw. Quartile) der Vorzug gegeben.

Als Referenzpopulation wurden diejenigen Versicherten definiert, bei denen im Hinblick auf Fluglärm keine Werte vorlagen, deren nächtlicher Straßenverkehrslärm unter einem Dauerschallpegel von 35 dB(A) lag und die ein Alter von >79 Jahre aufwiesen.

Alle Analysen wurden für beide Geschlechter getrennt durchgeführt. Das Ergebnis einer multivariaten logistischen Regression ist die Odds Ratio, eine Maßzahl, die an-

gibt, um wie viel häufiger bzw. seltener das Zielereignis in Abhängigkeit von den Einflussvariablen auftritt.

Alle Odds Ratios sind in den Ergebnistabellen mit dem 95%-Vertrauensbereich, sowie mit dem entsprechenden  $\chi^2$ -Wert und dem p-Wert ausgewiesen. Die logistischen Regressionen wurden mit der Prozedur PHREG des Auswertungspaketes SAS, Version 8.2 durchgeführt.

### **C. Multiple lineare Regressionen**

Bei den multiplen linearen Regressionen wird der Einfluss mehrerer unabhängiger Variablen auf eine quantitative (stetige) Zielvariable analysiert. Als Zielvariable sind im Rahmen dieses Projektes die Verordnungsmengen (DDD) pro Versicherungsjahr definiert worden. Als Einflussvariable wurden folgende stetige Variable eingesetzt:

- Fluglärmparameter
- Nächtlicher Straßen- und Schienenverkehrslärm
- Sozialhilfe-Häufigkeit
- Altenheim-Dichte
- Interaktionsterm von Fluglärm und Sozialhilfe-Häufigkeit.

Alle multiplen linearen Regressionen wurden für jede 10-Jahres-Altersgruppe für jedes Geschlecht getrennt durchgeführt.

Das Ergebnis einer multiplen linearen Regression ist eine Regressionsgleichung, die die Schätzung der Größe der Zielvariablen in Abhängigkeit von der Ausprägung der Einflussvariablen erlaubt. Für die Berechnung der Regressionsfunktionen wurde die Prozedur REG des Auswertungspaketes SAS, Version 8.2, herangezogen.

### **2.8 Grafische Präsentationen**

Die in diesem Abschlußbericht enthaltenen Abbildungen sind mithilfe von Harvard Graphics 98 for Windows und Microsoft-Powerpoint erstellt worden.

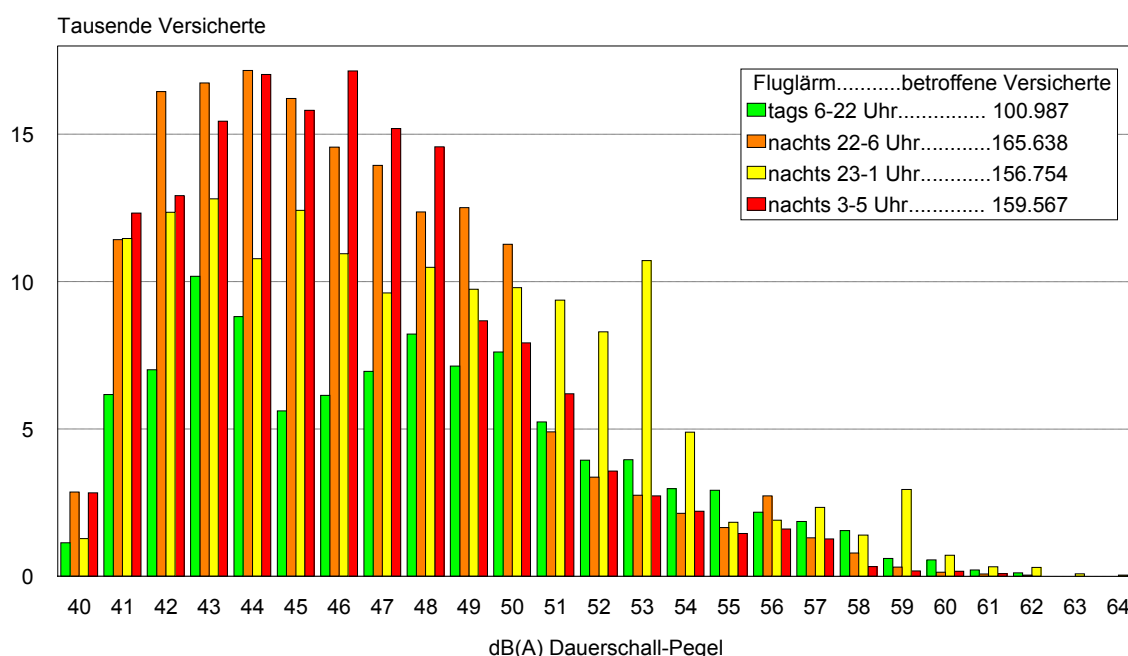
### 3. Ergebnisse

#### A. Deskriptive Analysen

##### 3.1 Fluglärmdaten

Aufgrund des unterschiedlichen Flugbetriebs während der Tages- und der Nachtzeit (anderer Flugzeugmix und andere Belegung der Flugrouten) unterscheiden sich die in den verschiedenen Zeitfenstern vom Fluglärm betroffenen Personengruppen z.T. erheblich. Abbildung 3 zeigt die Anzahl betroffener Versicherter nach Lärmintensität der verschiedenen Zeitfenster. Dabei ist auffällig, dass vom Fluglärm am Tage nur knapp über 100.000 Personen betroffen sind, während es für die gesamte Nacht (22-6 Uhr) über 165.000 sind.

Abbildung 3. Verteilung der von Fluglärm Betroffenen für verschiedene Zeitfenster

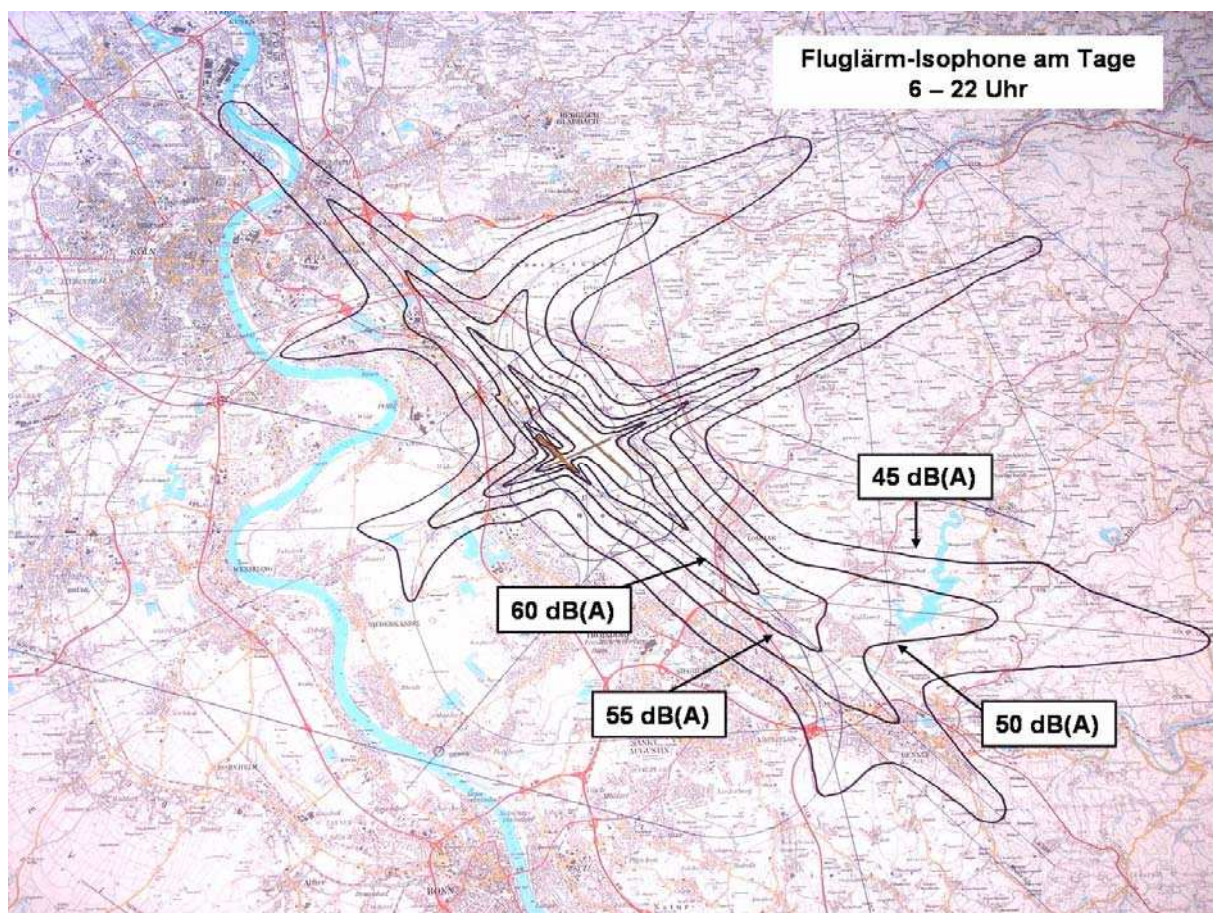


Die räumliche Ausdehnung des Fluglärms in den verschiedenen Zeitfenstern zeigen die Abbildungen 4-7. Diese weisen die Isophonen des Fluglärms in 5-dB(A)-Schritten, von 45 dB(A) an, aus. Es ist an dieser Stelle anzumerken, dass das verwendete Berechnungsverfahren im Bereich von 45 dB(A) und niedriger eine gewisse Unschärfe aufweist, weil es für diesen Pegelbereich nicht konzipiert wurde.

Bei Betrachtung der Ausdehnung der Isophonen fällt auf, dass sie jeweils unterschiedliche Gebiete umfassen, so dass die exponierten Populationen zwar einen gemeinsamen Kern aufweisen, sich jedoch bei niedrigen Dauerschallpegeln erheblich unterscheiden. Dieses bedeutet bei der Interpretation möglicher Effekte des

Fluglärms auf das Ordnungsverhalten niedergelassener Ärzte, dass die Ergebnisse für unterschiedliche Zeitscheiben des Fluglärms nicht direkt vergleichbar sind, weil die jeweils exponierten Populationen nicht identisch sind. Bei der Interpretation ist weiterhin zu beachten, dass z.B. Auswertungen, die Effekte von nächtlichem Fluglärm zwischen 3 und 5 Uhr zeigen, nicht ausschließlich als Effekte von Fluglärm in diesem Zeitfenster interpretiert werden können. Vielmehr ist ein erheblicher Teil der Bevölkerung, der gegenüber Fluglärm zwischen 3 und 5 Uhr exponiert ist, auch dem Fluglärm am Tage und zu anderen Nachtzeiten ausgesetzt.

Abbildung 4. Fluglärmbelastung am Tage (6.00 bis 22.00 Uhr) im Bereich des Flughafens Köln/Bonn





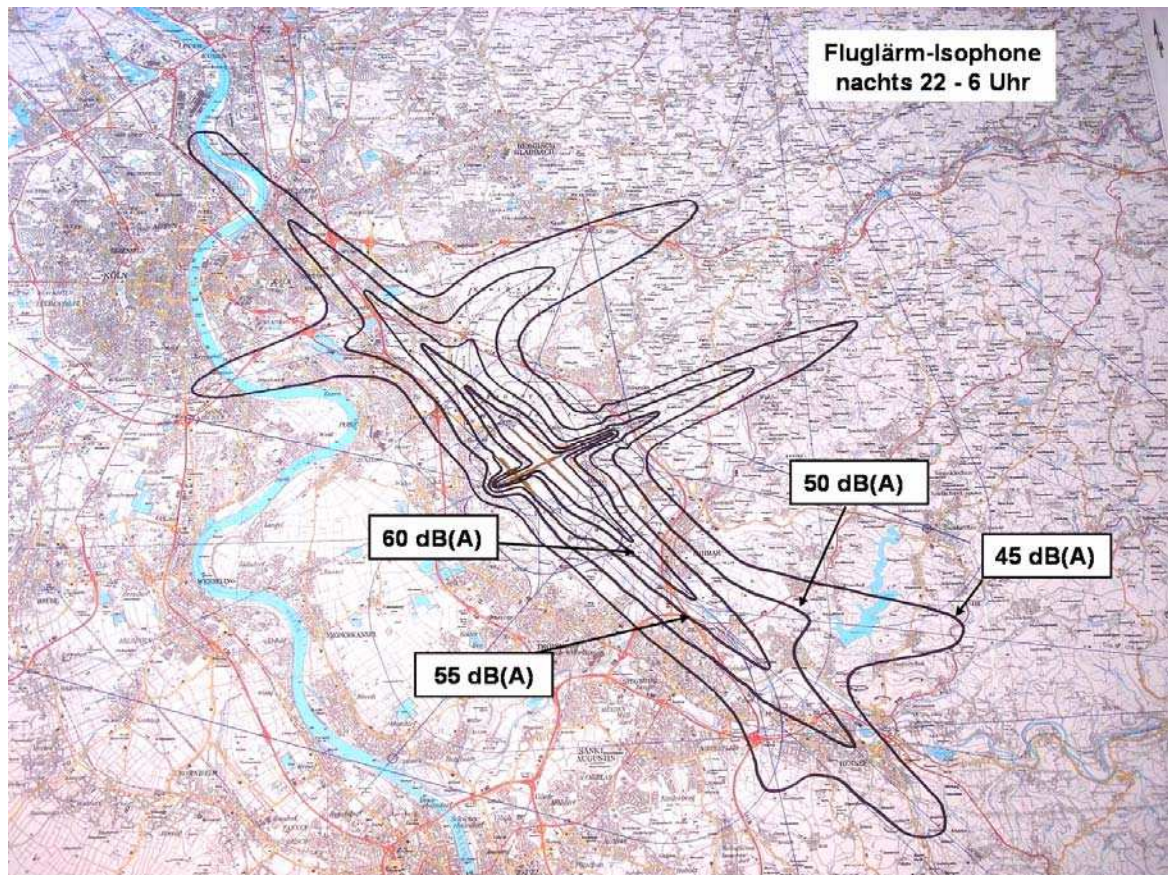


Abbildung 5. Fluglärmbelastung während der Nachtzeit (22.00 bis 6.00 Uhr) im Bereich des Flughafens Köln/Bonn

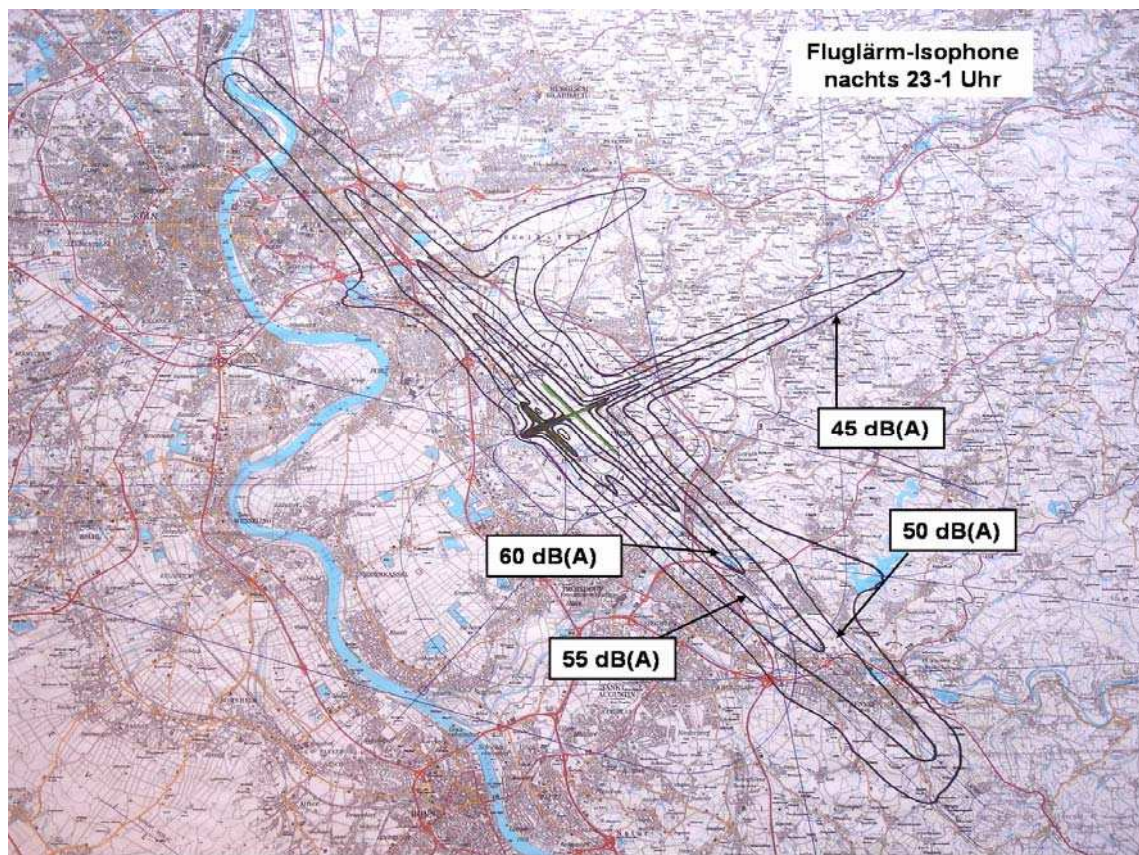


Abbildung 6. Fluglärmbelastung während der Nachtstunden von 23.00 bis 1.00 Uhr im Bereich des Flughafens Köln/Bonn



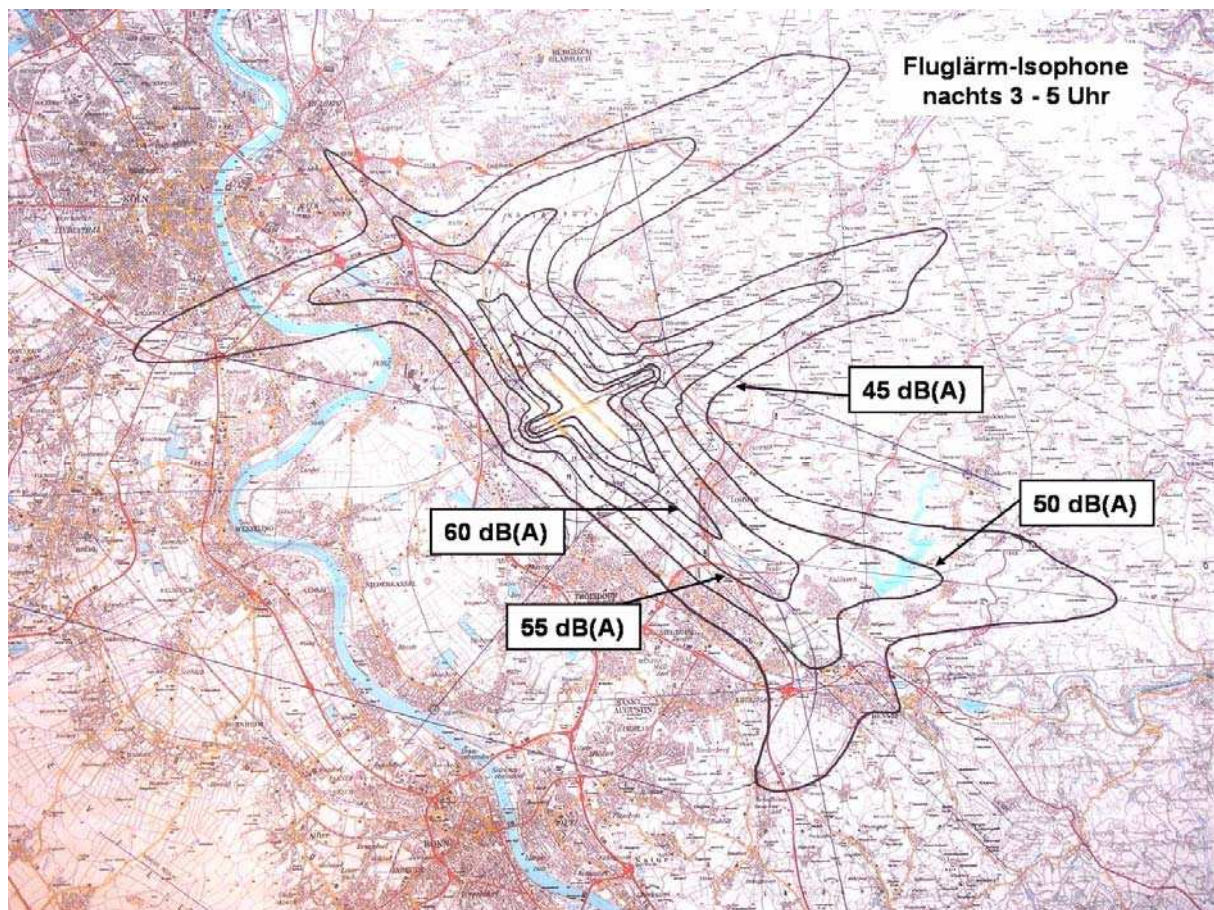


Abbildung 7. Fluglärmbelastung während der Nachtstunden von 3.00 bis 5.00 Uhr im Bereich des Flughafens Köln/Bonn

Die von der Flughafen Köln/Bonn GmbH zur Verfügung gestellten Daten erlauben die Unterscheidung von Versicherten, die Anspruch auf bauliche Lärmschutzmassnahmen im Rahmen des freiwilligen Schallschutzprogramms des Flughafens haben und denjenigen, die nicht unter dieses Programm fallen. Es liegen aber keine Daten darüber vor, ob die anspruchsberechtigten Versicherten ihre Ansprüche tatsächlich realisiert haben. Aller Erfahrung nach lässt aber ein großer Teil der Anspruchsberechtigten bauliche Lärmschutzmaßnahmen vornehmen.

Eine Korrelationsmatrix über die Korrelation sämtlicher Verkehrslärmparameter miteinander findet sich als Tabelle A-1 im Anhang.

### 3.2 Daten der gesetzlichen Krankenkassen

#### a. Allgemeine Daten

Sieben gesetzliche Krankenkassen haben mit Daten ihrer Versicherten zu diesem Forschungsprojekt beigetragen. Die Daten der Kassen decken unterschiedliche Zeiträume ab, die in unterschiedlicher Ausprägung von 2002 bis 2005 reichen (Tabelle 1).

Tabelle 1 . Versicherte der kooperierenden Krankenkassen

Krankenkasse	Stamm - und Arznei- mittel- daten verfüg- bar	Nach Linkage mit Lärmdaten und Sozialhilfe- Daten verfügbar	Verlust %	Versicherten- Jahre	Maximale Versiche- rungs- Dauer (Jahre)
AOK	462.759	420.332	9.17	1.103.770.8	4.0
TK	172.668	165.744	4.01	408.860.2	4.0
DAK	122.243	112.635	7.86	63.645.3	0.6
Gemeinsame Be- triebskrankenkasse der Stadt Köln (GBK)	54.469	53.559	1.67	145.587.1	4.0
BKK Ford	28.214	26.951	4.46	36.649.7	4.0
BKK Rheinland	26.122	23.085	11.63	41.665.7	3.0
Metro-Kaufhof BKK	7.206	7.073	1.85	18.389.6	3.0
Summe	873.681	809.379	7.36	1.818.568.4	-

Da beim Linkage der Lärmdaten mit den Anschriften der Versicherten nicht in jedem Fall eine Verbindung hergestellt werden konnte, konnten von den Daten von ursprünglich mehr als 870.000 Versicherten lediglich knapp über 809.000 in die Auswertungen einbezogen werden. Da es sich methodisch um Daten einer Versicherten-Kohorte verschiedener Krankenkassen handelt, ist der Verlust von 7.36% als extrem niedrig zu betrachten. Insgesamt resultieren daraus mehr als 1.8 Millionen Versichertenjahre.

#### b. Arzneimitteldaten

Tabelle 2 zeigt die wesentlichen Charakteristika der Verordnungen von Arzneimitteln mit der Häufigkeit für beide Geschlechter in 10-Jahres-Altersgruppen. Die Häufigkeit gibt an, ob im Versicherungszeitraum überhaupt ein Arzneimittel der entsprechenden Gruppe verordnet worden ist. Daneben ist die durchschnittliche Anzahl definierter Tagesdosen pro Versicherungsjahr angeführt. Bei den so genannten restlichen Arzneimitteln wurde auf die Angabe der Anzahl der definierten Tagesdosen verzichtet

Eine Übersicht über die geschlechts- und altersspezifischen Prävalenzen der Verordnung von kombinierten Verordnungen von Arzneimitteln aus verschiedenen Gruppen in einem Versicherungszeitraum findet sich in Tabelle A-2 im Anhang.

Tabelle 2. Häufigkeit und Menge von Arzneiverordnungen nach Geschlecht und Altersgruppe

Geschlecht/ Altersgruppe	Anzahl Vers.	Antihyper- tensiva*	Cardiaca*	Tranquilli- zer, Sedativa, Hypnotika*	Antide- pressiva*	Gastro- Intestinalia*	Restliche Arznei- mittel <sup>1</sup>
Männer							
< 10	115099	10.3 (36)	4.7 (13)	6.0 (2)	4.6 (5)	29.8 (12)	83.2
10-19	35051	0.6 (1)	0.9 (0)	1.3 (0)	2.2 (2)	29.7 (11)	75.6
20-29	44359	2.2 (3)	0.6 (1)	2.5 (2)	3.0 (4)	18.1 (10)	57.6
30-39	50752	6.0 (14)	2.1 (4)	4.3 (4)	5.8 (7)	22.5 (16)	64.9
40-49	47321	15.2 (52)	6.8 (20)	6.6 (7)	7.8 (12)	26.7 (26)	70.4
50-59	35408	34.4 (155)	17.7 (66)	9.1 (10)	10.5 (16)	31.0 (39)	75.2
60-69	37447	54.2 (287)	30.6 (129)	10.9 (14)	10.3 (18)	36.4 (60)	80.0
70-79	21574	66.8 (339)	41.8 (156)	15.2 (13)	12.3 (15)	40.9 (50)	83.8
80+	9018	67.3 (332)	44.3 (154)	19.2 (15)	13.5 (13)	42.9 (54)	80.3
Summe	396029	19.3 (86)	10.4 (37)	6.6 (6)	6.4 (9)	28.8 (24)	74.7
Frauen							
< 10	109945	10.3 (38)	4.7 (14)	5.8 (2)	4.6 (6)	29.5 (12)	82.9
10-19	33394	0.9 (1)	2.5 (1)	1.7 (1)	1.5 (1)	33.8 (11)	80.4
20-29	45415	2.7 (3)	2.6 (1)	3.9 (3)	5.3 (6)	27.1 (14)	69.2
30-39	45496	6.5 (11)	3.1 (3)	6.4 (5)	9.6 (12)	26.8 (16)	72.2
40-49	44720	16.3 (45)	5.8 (10)	9.8 (9)	13.9 (21)	29.0 (23)	75.0
50-59	36614	35.1 (131)	13.7 (34)	13.3 (13)	18.8 (29)	34.5 (38)	79.9
60-69	39680	54.4 (260)	26.9 (89)	16.3 (22)	18.7 (34)	38.5 (59)	82.4
70-79	30437	71.0 (357)	41.6 (127)	22.0 (19)	22.3 (27)	46.7 (52)	86.7
80+	27649	72.6 (375)	46.1 (143)	28.1 (24)	21.8 (26)	50.1 (69)	82.4
Summe	413350	24.0 (104)	12.6 (36)	10.1 (9)	11.0 (16)	33.2 (27)	79.1
* Prozentsatz der Versicherten mit mindestens 1 Verordnung im Versicherungszeitraum (durchschnittliche Anzahl von definierten Tagesdosen (DDD) pro Versicherungsjahr)							
<sup>1</sup> Prozentsatz von Versicherten mit mindestens 1 Verordnung im Versicherungszeitraum							

Beim Vergleich der Verordnungscharakteristika beider Geschlechter fällt auf, dass Frauen in praktisch allen Arzneimittelgruppen, vor allem bei den Psychopharmaka höhere Maßzahlen aufweisen als Männer. Dieser Befund bestätigt Ergebnisse aus einer Vielzahl von Untersuchungen, die sich in Deutschland vor allem auf die Natio-

nen Untersuchungssurveys, aber auch auf Analysen von Daten gesetzlicher Krankenkassen stützen (s.a. Glaeske et al. 2006).

Bei Antihypertensiva und Cardiaca findet sich bei beiden Geschlechtern ein kontinuierlicher Anstieg der Verordnungshäufigkeit und – damit verbunden – der Anzahl definierter Tagesdosen mit dem Alter. Dieser Trend reflektiert die mit dem Alter steigende Morbidität an Herz- und Kreislauferkrankungen.

Neben Individualdaten sind für die vorliegenden Auswertungen zwei Arten von Aggregatdaten herangezogen worden: Sozialhilfe-Häufigkeit in Prozent der Sozialhilfe-Empfänger der Bevölkerung des Stadtteils bzw. Ortsteils, zu dem die Anschrift des Versicherten gehörte, und die Dichte von Alten- und Pflegeheim-Plätzen bezogen auf die Bevölkerung über 64 Jahre der Gemeinden (bzw. im Falle der Stadt Köln des Stadtteils). Der Anteil von Sozialhilfe-Empfängern in einzelnen Stadtteilen reicht von 0 bis 67% (Medianwert 4.4). Für die Dichte von Alten- und Pflegeheimplätzen finden sich vergleichbare Werte im Bereich von 0 bis 162‰ (Medianwert 9.2).

Stellvertretend für die anderen Arzneimittelgruppen sind im Folgenden die Verordnungsscharakteristika für blutdrucksenkende Arzneimittel nach den Quartilen der Sozialhilfe-Häufigkeit dargestellt (Abbildungen 8-11). Dabei zeigt sich, dass bei Männern von der Altersgruppe der 50-59-jährigen aufwärts, bei den Frauen schon eine Dekade früher die Verordnungshäufigkeit in der Quartile mit dem höchsten Anteil an Sozialhilfe-Empfängern in der Bevölkerung auch die höchsten Verordnungshäufigkeiten aufweisen. Weitaus dramatischer ist der Anstieg mit steigendem Sozialhilfe-Anteil, wenn man die Anzahl der verordneten definierten Tagesdosen pro Versicherungsjahr bei den Versicherten betrachtet, die mindestens eine Verordnung erhalten haben (Abbildungen 9 und 11). Da vorausgesetzt werden kann, dass die durchschnittliche Anzahl von Tagesdosen bei Antihypertensiva mit der Schwere des Krankheitsbildes korreliert, lassen diese Befunde nur den Schluss zu, dass mit zunehmender Sozialhilfe-Häufigkeit auch die klinische Schwere des Bluthochdrucks zunimmt.

Abbildung 8. Verordnung von Antihypertensiva (jemals)

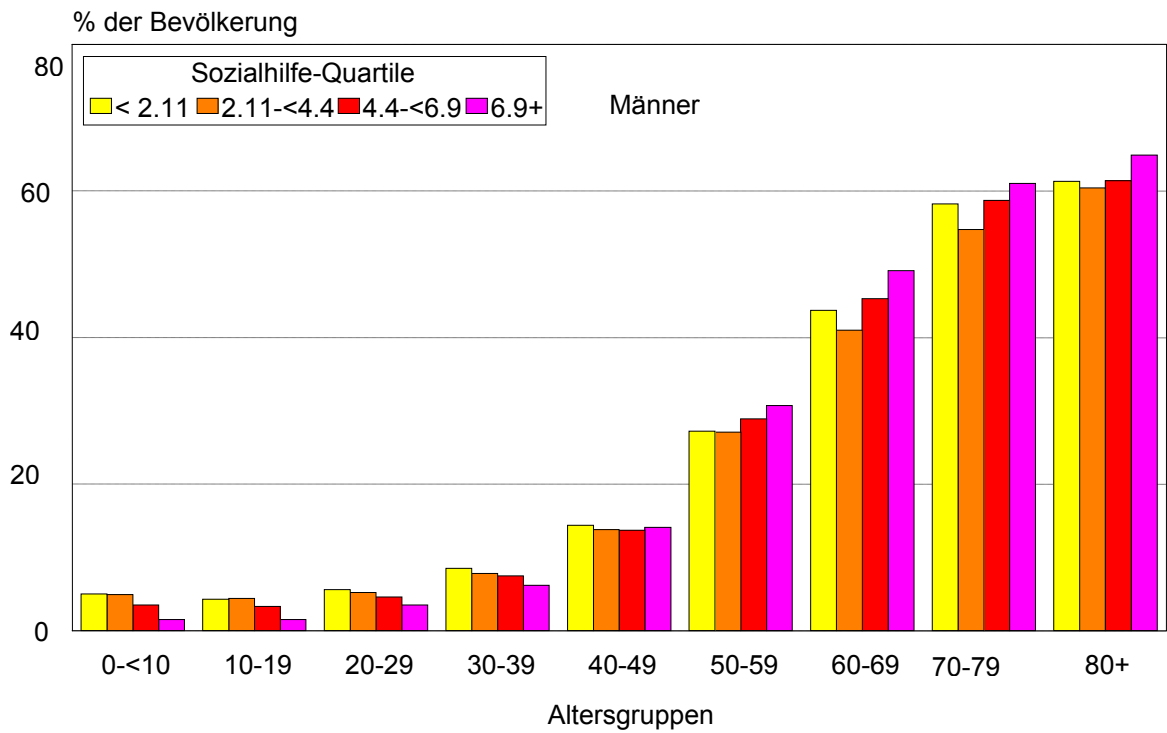


Abbildung 9. Verordnungsvolumen (DDD) pro Versicherungsjahr von Antihypertensiva  
Männer mit mindestens 1 Verordnung

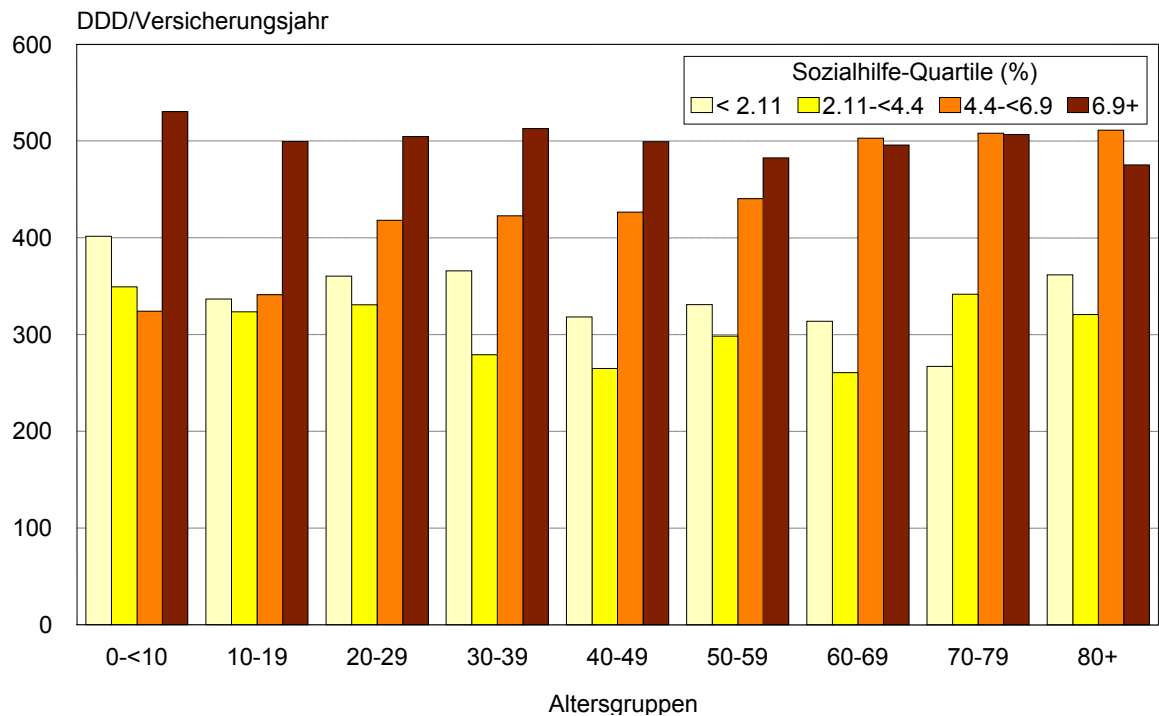


Abbildung 10. Verordnung von Antihypertensiva (jemals)

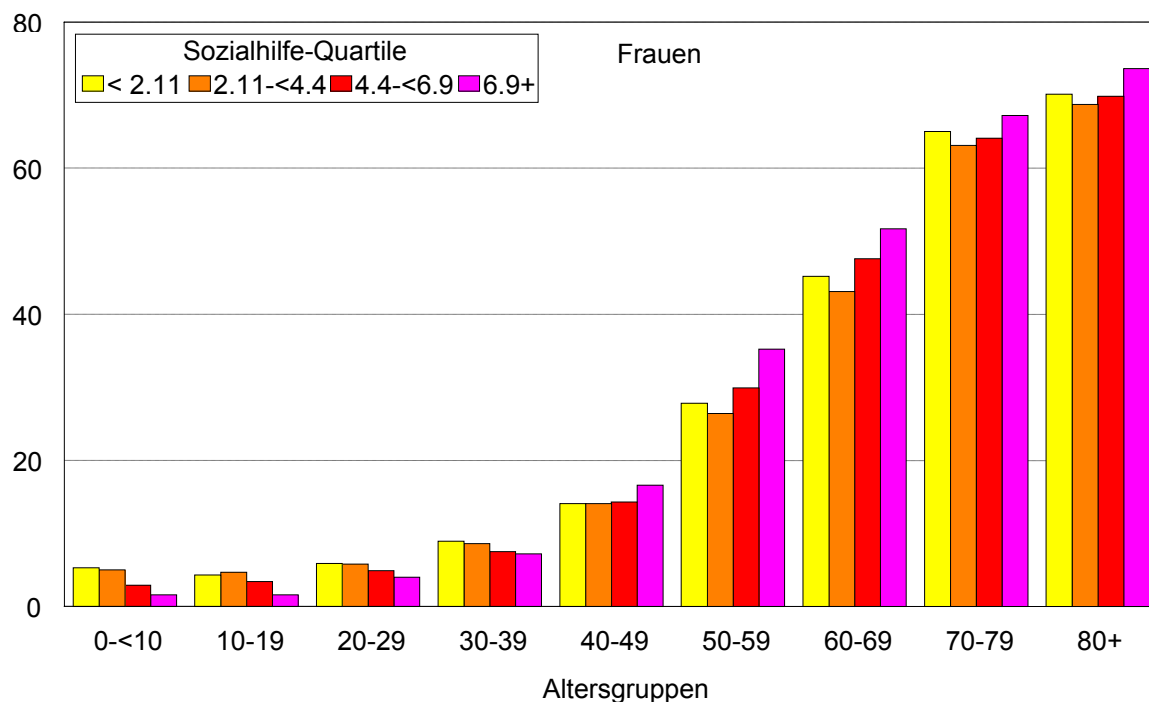
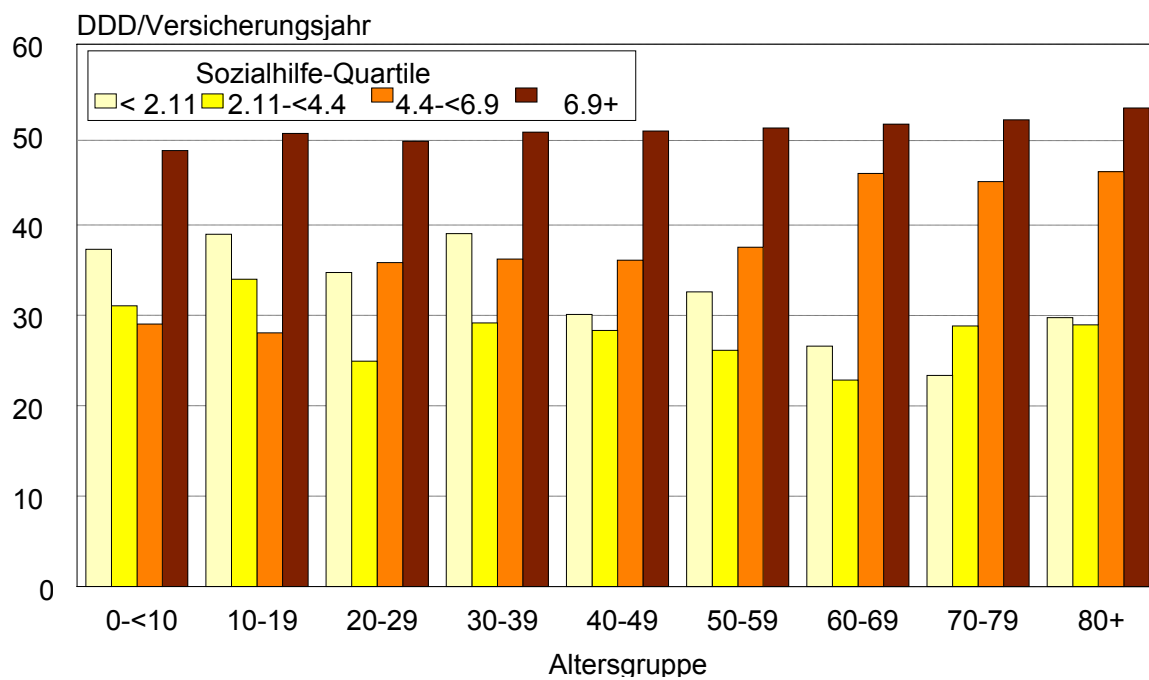


Abbildung 11. Verordnungsvolumen (DDD) pro Versicherungsjahr von Antihypertensiva  
Frauen mit mindestens 1 Verordnung



## B. Ergebnisse logistischer Regressionen

### 3.4 Fluglärm als Einflussfaktor

Multivariate logistischer Regressionen bieten als Ergebnis die sogenannte Odds Ratio, eine Verhältniszahl, die angibt, um wie viel mal häufiger (oder seltener) ein Zielereignis unter dem Einfluss definierter Einflussfaktoren eintritt als ohne diese. Zielereignisse im Rahmen dieser Studie sind die mindestens einmalige Verordnung von Arzneimitteln der verschiedenen Arzneimittelgruppen. Als Vergleichsgruppe ist für diese Analysen die Gruppe derjenigen Versicherten ausgewählt worden, die außerhalb des Bereichs des jeweiligen Fluglärm-Parameters ihre Wohnung hatten und deren nächtlicher Straßen- und Schienenverkehrslärm unter einem Dauerschallpegel von 35 dB(A) lag. Zur Adjustierung sind verschiedene Variable herangezogen worden, von denen ihrerseits angenommen werden musste, dass sie auf die Wahrscheinlichkeit einer Arzneiverordnung Einfluss haben würden (Alter, Zusammenwirken von Alter und Fluglärm, Sozialhilfe-Häufigkeit, Zusammenwirken von

Tabelle 3. Nächtlicher Fluglärm (3-5 Uhr) (adjustiert für stetige Variable: Fluglärm (3-5 Uhr), Strassenlärm (22-6 Uhr), Schienenlärm (22-6 Uhr), Sozialhilfe- und Altenheimplatz-Dichte, Alter (Referenz: 80+), Interaktion Fluglärm\*Sozialhilfe, Interaktion Alter\*Fluglärm, Lärmschutz-Möglichkeit (binär))

Arzneimittelgruppe	Geschlecht	Odds Ratio (95% CI)	Chi <sup>2</sup>	p
Antihypertensiva	männlich	1.101 (1.041 - 1.165)	11.31	0.001
	weiblich	1.326 (1.265 - 1.391)	135.0	0.000
Cardiaca	männlich	1.155 (1.066 - 1.250)	12.48	0.000
	weiblich	1.386 (1.289 - 1.489)	78.90	0.000
Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika	männlich	1.032 (0.917 - 1.161)	0.276	0.600
	weiblich	1.262 (1.158 - 1.374)	28.48	0.000
Antidepressiva	männlich	0.953 (0.848 - 1.071)	0.655	0.418
	weiblich	1.073 (0.991 - 1.162)	3.024	0.082
Gastro-Intestinalia	männlich	1.033 (0.975 - 1.094)	1.201	0.273
	weiblich	1.047 (0.994 - 1.102)	3.040	0.081
Antihypertensiva + Cardiaca	männlich	1.225 (1.121 - 1.339)	20.08	0.000
	weiblich	1.592 (1.470 - 1.725)	129.2	0.000
Antihypertensiva + Cardiaca + Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika	männlich	1.305 (1.043 - 1.632)	5.401	0.020
	weiblich	1.842 (1.562 - 2.172)	52.77	0.000
„Rest“-Arzneimittel	männlich	1.061 (1.025 - 1.099)	11.11	0.001
	weiblich	1.056 (1.025 - 1.088)	12.65	0.000
„Rest“-Arzneimittel bei Versicherten mit Antihypertensiva + Cardiaca	männlich	1.250 (1.137 - 1.374)	21.36	0.000
	weiblich	1.603 (1.473 - 1.745)	119.8	0.000



Sozialhilfe-Häufigkeit und Fluglärm, Dichte von Alten- und Pflegeheim-Plätzen, Möglichkeit zur Beantragung von Lärmschutzmassnahmen beim Flughafen Köln-Bonn). Durch diese Adjustierungen wird erreicht, dass der sich in Form der Odds Ratio darstellende Effekt tatsächlich den so genannten Haupteffekt darstellt, d.h. denjenigen Anteil, der in den hier dargestellten Ergebnissen auf Fluglärm zurückzuführen ist.

Alle Analysen in diesem Abschnitt sind für das gesamte Gebiet, in dem der jeweilige Fluglärmparameter größer oder gleich einem Dauerschallpegel von 40 dB(A) ist, durchgeführt worden und für eine Unterteilung nach dem Median. Der Median ist als der mittlere Lärmpegel zu betrachten, wenn alle Lärmpegel-Ausprägungen von 40 dB(A) bis zum höchsten auftretenden Wert bei sämtlichen betroffenen Versicherten nach Lärmpegel sortiert werden. Im Falle nächtlichen Fluglärms reicht das Pegelspektrum von 40 bis 61 dB(A). Der Median liegt bei 46 dB(A). Diese zusätzliche Form der Analyse ist gewählt worden, um abschätzen zu können, ob bei höheren Pegelwerten auch stärkere Effekte zu beobachten sind.

Für nächtlichen Fluglärm zwischen 3 und 5 Uhr sind zusätzlich noch die Ergebnisse nach Quartilen ermittelt worden. Für die Ermittlung von Quartilen erfolgt analog zur Ermittlung des Medianwertes eine Aufteilung in vier gleich große Anteile (s. Abbildungen 12-15)..

Die Globaleffekte für nächtlichen Fluglärm zwischen 3 und 5 Uhr zeigen durchweg für Frauen höhere Werte als für Männer. Für beide Geschlechter finden sich keine signifikanten Unterschiede zur Referenz bei den Antidepressiva und bei den Gastro-Intestinalia. Es finden sich signifikante Risiko-Erhöhrungen für die Verordnung von Antihypertensiva und Cardiacs, die sich bei beiden Geschlechtern verstärken, wenn im Versicherungszeitraum beide Arten von Arzneimittelgruppen verordnet wurden. Weitere Effektverstärkungen treten ein, wenn analysiert wird, ob noch Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika oder Arzneimittel aus der als „Rest“ definierten Arzneimittelgruppe hinzukommen. Bei Frauen wie bei Männern findet sich die größte Odds Ratio bei der Kombination von Antihypertensiva und Cardiacs mit Tranquillizern (Frauen 1.84; Männer 1.31).

**Tabelle 4. Nächtlicher Fluglärm (3-5 Uhr) nach Median (adjustiert Variable: Fluglärm (3-5 Uhr), Strassenlärm (22-6 Uhr), Schienenlärm (22-6 Uhr), Sozialhilfe- und Altenheimplatz-Dichte, Alter (Referenz: 80+), Interaktion Fluglärm\*Sozialhilfe, Interaktion Alter\*Fluglärm, Lärmschutz-Möglichkeit (binär))**

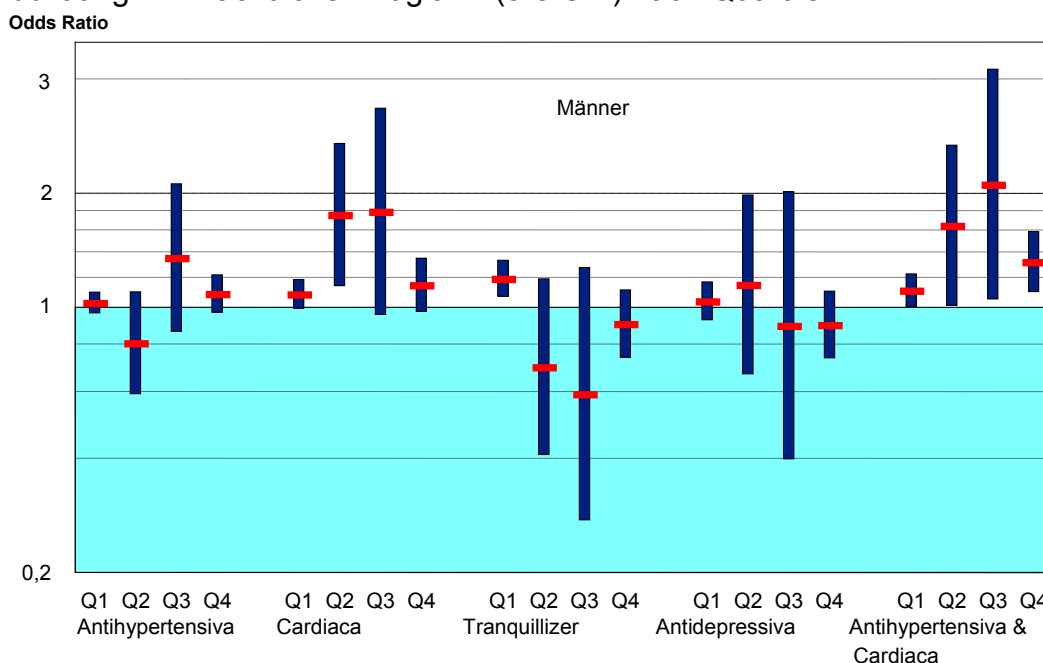
Geschlecht	Arzneimittelgruppe	dB(A)	Odds Ratio (95% CI)	Chi <sup>2</sup>	p
männlich	Antihypertensiva	40-<46	1.054 (0.961 - 1.156)	1.258	0.262
		46-61	1.242 (1.081 - 1.428)	9.383	0.002
	Cardiaca	40-<46	1.136 (1.001 - 1.289)	3.887	0.049
		46-61	1.267 (1.030 - 1.558)	5.022	0.025
	Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika	40-<46	1.063 (0.879 - 1.286)	0.401	0.527
		46-61	0.956 (0.715 - 1.279)	0.090	0.764
	Antidepressiva	40-<46	1.016 (0.844 - 1.224)	0.029	0.865
		46-61	0.784 (0.586 - 1.050)	2.659	0.103
	Gastro-Intestinalia	40-<46	1.037 (0.946 - 1.138)	0.606	0.436
		46-61	1.021 (0.879 - 1.185)	0.073	0.787
	Antihypertensiva + Cardiaca	40-<46	1.171 (1.017 - 1.350)	4.795	0.029
		46-61	1.435 (1.142 - 1.804)	9.599	0.002
	Antihypertensiva + Cardiaca+ Tranquillizer etc.	40-<46	1.361 (0.958 - 1.934)	2.960	0.085
		46-61	1.090 (0.618 - 1.922)	0.088	0.766
	"Restliche" Arzneimittel (ohne Antihypertensiva, Cardiaca, Tranquillizer, Antidepressiva)	40-<46	1.043 (0.986 - 1.104)	2.166	0.141
		46-61	1.155 (1.056 - 1.263)	9.963	0.002
	Antihypertensiva + Cardiaca+ "Restliche" Arzneimittel	40-<46	1.180 (1.016 - 1.371)	4.701	0.030
		46-61	1.658 (1.289 - 2.131)	15.55	0.000
weiblich	Antihypertensiva	40-<46	1.268 (1.173 - 1.370)	35.96	0.000
		46-61	1.663 (1.480 - 1.867)	73.60	0.000
	Cardiaca	40-<46	1.215 (1.081 - 1.366)	10.61	0.001
		46-61	2.157 (1.794 - 2.594)	66.77	0.000
	Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika	40-<46	1.287 (1.124 - 1.474)	13.30	0.000
		46-61	1.353 (1.095 - 1.670)	7.884	0.005
	Antidepressiva	40-<46	1.252 (1.104 - 1.420)	12.22	0.000
		46-61	1.174 (0.970 - 1.421)	2.700	0.100
	Gastro-Intestinalia	40-<46	1.040 (0.957 - 1.130)	0.864	0.353
		46-61	1.104 (0.971 - 1.256)	2.286	0.131
	Antihypertensiva + Cardiaca	40-<46	1.373 (1.205 - 1.564)	22.65	0.000
		46-61	2.838 (2.307 - 3.491)	97.48	0.000
	Antihypertensiva + Cardiaca+ Tranquillizer etc.	40-<46	1.786 (1.383 - 2.307)	19.74	0.000
		46-61	3.114 (2.020 - 4.801)	26.47	0.000
	"Restliche" Arzneimittel (ohne Antihypertensiva, Cardiaca, Tranquillizer, Antidepressiva)	40-<46	0.987 (0.939 - 1.037)	0.273	0.601
		46-61	1.202 (1.117 - 1.293)	24.41	0.000
	Antihypertensiva + Cardiaca+ "Restliche" Arzneimittel	40-<46	1.348 (1.175 - 1.547)	18.11	0.000
		46-61	3.272 (2.615 - 4.096)	107.2	0.000

Bei der Stratifizierung nach dem Medianwert zeigen sich bei weiblichen Versicherten von Lärmpegeln unter dem Median zu solchen oberhalb deutliche Anstiege der Odds Ratios.

Bei allen kardiovaskulär wirkenden Arzneimitteln, auch in Kombination mit weiteren Arzneimittelgruppen zeigen sich signifikante Anstiege. Die maximale Odds Ratio findet sich mit 3.27 für die Kombination von kardio-vaskulär wirkenden Arzneimitteln mit „restlichen“ Arzneimitteln. Bei der Gruppe der Tranquillizer und verwandter Arzneimittel findet sich ein geringer Anstieg. Bei den Antidepressiva sinkt die Odds Ratio von 1.27 im unteren Medianbereich auf einen nicht von 1 verschiedenen Wert im oberen Medianbereich. Bei den Männern finden sich deutlich geringer ausgeprägte Effekte. Deutliche Anstiege vom unteren zum oberen Medianbereich finden sich bei den kardiovaskulär wirkenden Arzneimitteln, in verstärkter Form in Kombination mit den „restlichen“ Arzneimitteln (maximale Odds Ratio: 1.66).

Bei den ausschließlich für das Zeitfenster des nächtlichen Fluglärms zwischen 3 und 5 Uhr durchgeführten Analysen nach Quartilen finden sich, vermutlich z. T. infolge zu geringer Besetzung einzelner Quartilen, bei Männern disparate Ergebnisse, die lediglich bei Cardiacs in Kombination mit anderen Arzneimittelgruppen ein Bild bieten, das einen biologischen Gradienten nahe legt.

Abbildung 12. Nächtlicher Fluglärm (3-5 Uhr) nach Quartilen



Bei Frauen zeigen sich, wie aus den Ergebnissen der Stratifizierung nach Medianwerten zu erwarten, deutliche Anstiege über die Quartilen, hier auch bei den psycho-

aktiven Arzneimitteln, jedoch findet sich praktisch bei allen Arzneimittelgruppen in der vierten Quartile ein niedrigerer Wert als in der dritten. Diese Befunde sind aus den vorliegenden Daten nicht zu erklären.

Abbildung 13. Nächtlicher Fluglärm (3-5 Uhr) nach Quartilen

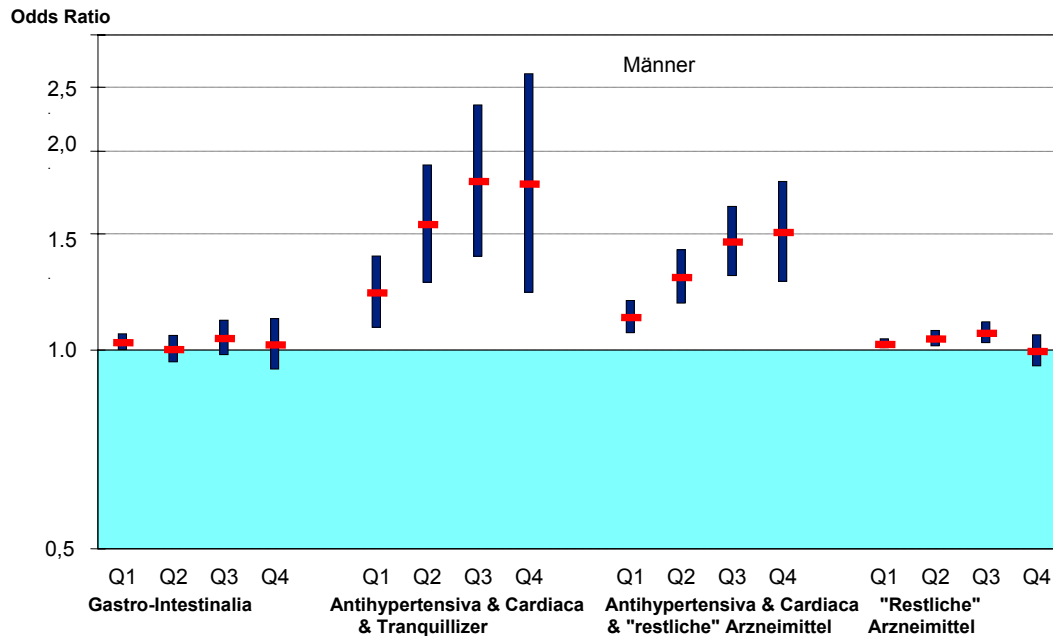


Abbildung 14. Nächtlicher Fluglärm (3-5 Uhr) nach Quartilen

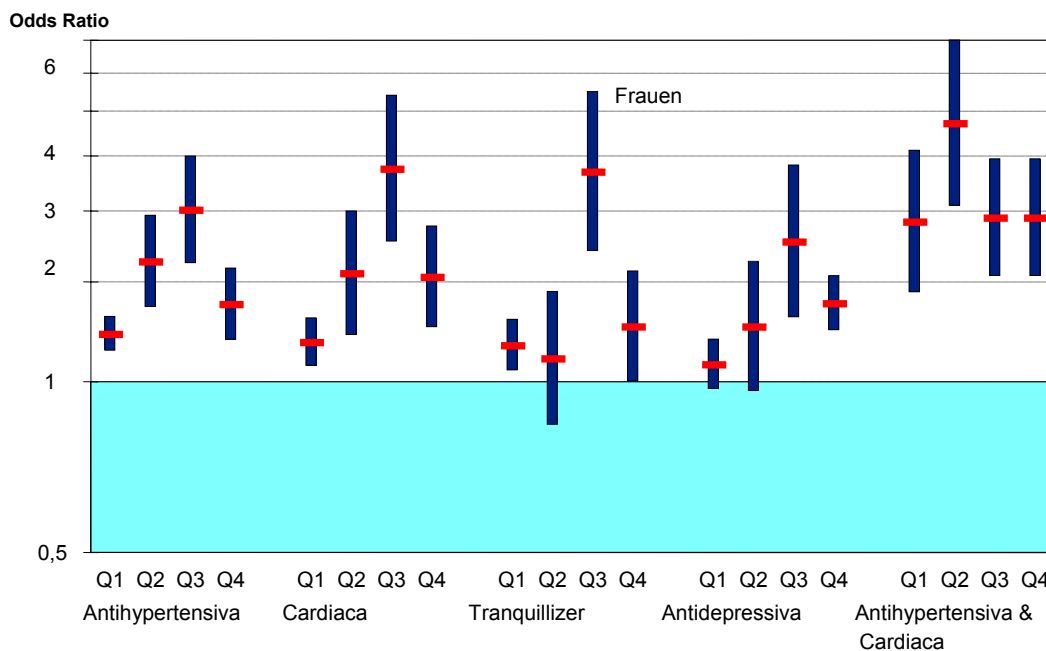


Abbildung 15. Nächtlicher Fluglärm (3-5 Uhr) nach Quartilen

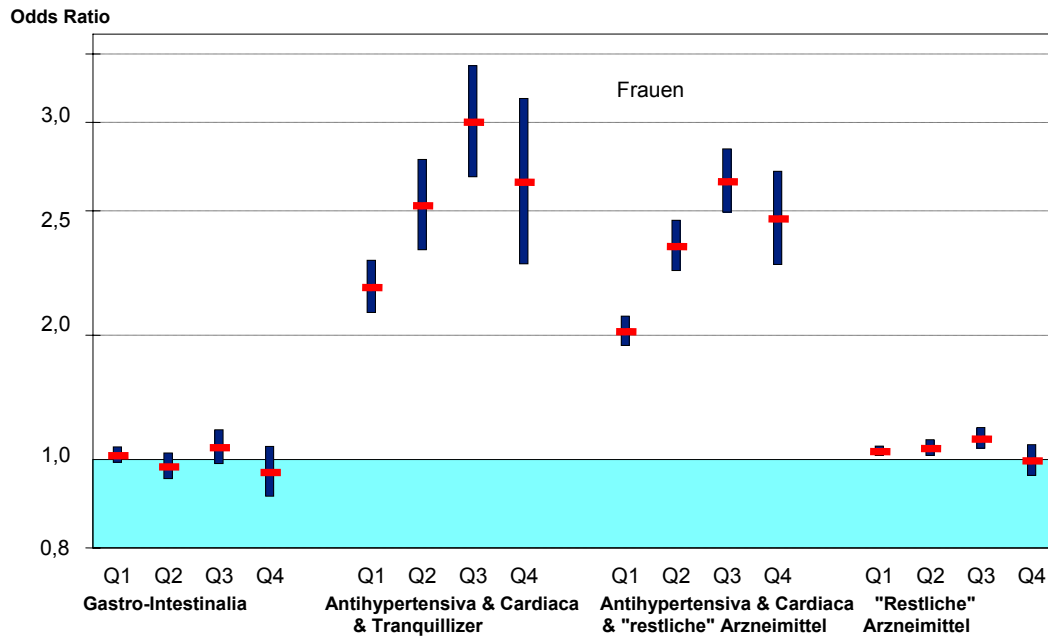


Tabelle 5. Nächtlicher Fluglärm (23-1 Uhr) (adjustiert für stetige Variable: Fluglärm (23-1 Uhr), Strassenlärm (22-6 Uhr), Schienenlärm (22-6 Uhr), Sozialhilfe- und Altenheimplatz-Dichte, Alter (Referenz: 80+), Interaktion Fluglärm\*Sozialhilfe, Interaktion Alter\*Fluglärm, Lärmschutz-Möglichkeit (binär))

Arzneimittelgruppe	Geschlecht	Odds Ratio (95% CI)	Chi <sup>2</sup>	p
Antihypertensiva	männlich	1.127 (1.067 - 1.191)	17.99	0.000
	weiblich	1.354 (1.290 - 1.421)	150.8	0.000
Cardiacia	männlich	1.180 (1.093 - 1.273)	17.97	0.000
	weiblich	1.468 (1.368 - 1.576)	113.3	0.000
Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika	männlich	1.078 (0.966 - 1.204)	1.814	0.178
	weiblich	1.196 (1.100 - 1.302)	17.41	0.000
Antidepressiva	männlich	1.157 (1.042 - 1.285)	7.423	0.006
	weiblich	1.181 (1.093 - 1.275)	17.83	0.000
Gastro-Intestinalia	männlich	1.106 (1.049 - 1.165)	13.93	0.000
	weiblich	1.115 (1.062 - 1.171)	19.11	0.000
Antihypertensiva + Cardiacia	männlich	1.239 (1.137 - 1.351)	23.80	0.000
	weiblich	1.637 (1.511 - 1.773)	146.5	0.000
Antihypertensiva + Cardiacia + Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika	männlich	1.223 (0.990 - 1.511)	3.481	0.062
	weiblich	1.912 (1.630 - 2.244)	63.22	0.000
„Rest“-Arzneimittel	männlich	1.023 (0.990 - 1.058)	1.830	0.176
	weiblich	1.048 (1.017 - 1.080)	9.155	0.002
„Rest“-Arzneimittel bei Versicherten mit Antihypertensiva + Cardiacia	männlich	1.278 (1.168 - 1.398)	28.43	0.000
	weiblich	1.629 (1.499 - 1.771)	131.5	0.000

**Tabelle 6. Nächtlicher Fluglärm (23-1 Uhr) nach Median** (adjustiert für stetige Variable: Fluglärm (23-1 Uhr), Strassenlärm (22-6 Uhr), Schienenlärm (22-6 Uhr), Sozialhilfe- und Altenheimplatz-Dichte, Alter (Referenz: 80+), Interaktion Fluglärm\*Sozialhilfe, Interaktion Alter\*Fluglärm, Lärmschutzmöglichkeit (binär))

Geschlecht	Arzneimittelgruppe	dB(A)	Odds Ratio (95% CI)	Chi <sup>2</sup>	p
männlich	Antihypertensiva	40-46	1.040 (0.985 - 1.098)	1.954	0.162
		47-64	1.123 (1.038 - 1.215)	8.378	0.004
	Cardiaca	40-46	1.027 (0.955 - 1.106)	0.518	0.472
		47-64	1.102 (0.990 - 1.226)	3.152	0.076
	Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika	40-46	0.959 (0.877 - 1.049)	0.831	0.362
		47-64	1.015 (0.891 - 1.157)	0.053	0.818
	Antidepressiva	40-46	0.983 (0.897 - 1.077)	0.137	0.711
		47-64	1.120 (0.980 - 1.279)	2.785	0.095
	Gastro-Intestinalia	40-46	1.005 (0.963 - 1.048)	0.045	0.833
		47-64	1.030 (0.967 - 1.097)	0.821	0.365
	Antihypertensiva + Cardiaca	40-46	1.070 (0.985 - 1.163)	2.590	0.108
		47-64	1.193 (1.057 - 1.345)	8.211	0.004
	Antihypertensiva + Cardiaca+ Tranquillizer etc.	40-46	1.038 (0.864 - 1.248)	0.160	0.690
		47-64	1.041 (0.803 - 1.350)	0.093	0.761
	"Restliche" Arzneimittel (ohne Antihypertensiva, Cardiaca, Tranquillizer, Antidepressiva)	40-46	0.983 (0.957 - 1.011)	1.440	0.230
		47-64	1.004 (0.965 - 1.045)	0.047	0.828
	Antihypertensiva + Cardiaca + "Restliche" Arzneimittel	40-46	1.064 (0.978 - 1.158)	2.099	0.147
		47-64	1.234 (1.091 - 1.395)	11.25	0.001
weiblich	Antihypertensiva	40-46	1.262 (1.204 - 1.323)	93.54	0.000
		47-64	1.473 (1.373 - 1.581)	115.1	0.000
	Cardiaca	40-46	1.230 (1.154 - 1.312)	39.70	0.000
		47-64	1.637 (1.484 - 1.807)	96.35	0.000
	Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika	40-46	1.102 (1.028 - 1.181)	7.447	0.006
		47-64	1.311 (1.177 - 1.459)	24.45	0.000
	Antidepressiva	40-46	1.080 (1.010 - 1.156)	5.047	0.025
		47-64	1.257 (1.137 - 1.390)	20.04	0.000
	Gastro-Intestinalia	40-46	1.011 (0.973 - 1.051)	0.322	0.571
		47-64	1.082 (1.020 - 1.147)	6.935	0.008
	Antihypertensiva + Cardiaca	40-46	1.447 (1.345 - 1.556)	98.74	0.000
		47-64	2.171 (1.939 - 2.431)	180.5	0.000
	Antihypertensiva + Cardiaca+ Tranquillizer etc.	40-46	1.676 (1.478 - 1.899)	65.21	0.000
		47-64	2.657 (2.153 - 3.279)	82.97	0.000
	"Restliche" Arzneimittel (ohne Antihypertensiva, Cardiaca, Tranquillizer, Antidepressiva)	40-46	0.992 (0.966 - 1.018)	0.379	0.538
		47-64	1.046 (1.006 - 1.086)	5.188	0.023
	Antihypertensiva + Cardiaca + "Restliche" Arzneimittel	40-46	1.441 (1.338 - 1.551)	93.51	0.000
		47-64	2.221 (1.980 - 2.492)	184.8	0.000

Die Analyse der übrigen Zeitfenster des Fluglärms (Tabellen 6-10) zeigen durchweg schwächere Effekte als im Zeitfenster nächtlichen Fluglärms zwischen 3 und 5 Uhr beobachtet. Davon bilden zwei Arzneimittelgruppen eine Ausnahme: Die Arzneimittel zur Behandlung von Magen- und Darmerkrankungen weisen im Zeitfenster 23-1 Uhr nachts (Tabelle 5) für beide Geschlechter eine signifikant erhöhte Odds Ratio auf (Männer: 1.11; Frauen 1.12). Das Gleiche gilt für Antidepressiva, die hier mit 1.16 bei Männern und 1.18 bei Frauen erhöht sind. Bei der Stratifizierung nach dem Median verschwindet dieser Effekt bei Männern, während er bei Frauen bestehen bleibt (Odds Ratio: 1.08 vs. 1.26).

Tabelle 7. Nächtlicher Fluglärm (22-6 Uhr) (adjustiert für stetige Variable: Fluglärm (22-6 Uhr), Strassenlärm (22-6 Uhr), Schienenlärm (22-6 Uhr), Sozialhilfe- und Altenheimplatz-Dichte, Alter (Referenz: 80+), Interaktion Fluglärm\*Sozialhilfe, Interaktion Alter\*Fluglärm, Lärmschutz-Möglichkeit (binär))

Arzneimittelgruppe	Geschlecht	Odds Ratio (95% CI)	Chi <sup>2</sup>	p
Antihypertensiva	männlich	1.162 (1.102 - 1.226)	30.59	0.000
	weiblich	1.394 (1.331 - 1.461)	194.1	0.000
Cardiaca	männlich	1.268 (1.177 - 1.365)	39.44	0.000
	weiblich	1.509 (1.408 - 1.617)	135.7	0.000
Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika	männlich	1.123 (1.009 - 1.250)	4.472	0.034
	weiblich	1.318 (1.214 - 1.430)	43.80	0.000
Antidepressiva	männlich	1.010 (0.909 - 1.123)	0.035	0.853
	weiblich	1.159 (1.075 - 1.250)	14.65	0.000
Gastro-Intestinalia	männlich	1.122 (1.065 - 1.182)	18.45	0.000
	weiblich	1.095 (1.042 - 1.149)	13.21	0.000
Antihypertensiva + Cardiaca	männlich	1.344 (1.237 - 1.460)	48.65	0.000
	weiblich	1.754 (1.624 - 1.895)	203.0	0.000
Antihypertensiva + Cardiaca + Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika	männlich	1.553 (1.272 - 1.897)	18.63	0.000
	weiblich	2.148 (1.839 - 2.509)	93.02	0.000
„Rest“-Arzneimittel	männlich	1.042 (1.008 - 1.077)	5.974	0.015
	weiblich	1.048 (1.017 - 1.079)	9.702	0.002
„Rest“-Arzneimittel bei Versicherten mit Antihypertensiva + Cardiaca	männlich	1.397 (1.280 - 1.525)	56.36	0.000
	weiblich	1.779 (1.640 - 1.929)	194.3	0.000

**Tabelle 8. Nächtlicher Fluglärm (22-6 Uhr) nach Median (adjustiert für stetige Variable: Fluglärm (22-6 Uhr), Strassenlärm (22-6 Uhr), Schienenlärm (22-6 Uhr), Sozialhilfe- und Altenheimplatz-Dichte, Alter (Referenz: 80+), Interaktion Fluglärm\*Sozialhilfe, Interaktion Alter\*Fluglärm, Lärmschutzmöglichkeit (binär))**

Geschlecht	Arzneimittelgruppe	dB(A)	Odds Ratio (95% CI)	Chi <sup>2</sup>	p
Männlich	Antihypertensiva	40-<46	1.079 (1.024 - 1.136)	8.119	0.004
		46-62	0.998 (0.927 - 1.074)	0.004	0.950
	Cardiaca	40-<46	1.095 (1.020 - 1.175)	6.261	0.012
		46-62	1.047 (0.947 - 1.159)	0.807	0.369
	Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika	40-<46	1.204 (1.107 - 1.309)	18.79	0.000
		46-62	0.883 (0.781 - 0.999)	3.908	0.048
	Antidepressiva	40-<46	1.017 (0.929 - 1.113)	0.134	0.714
		46-62	0.967 (0.854 - 1.095)	0.283	0.595
	Gastro-Intestinalia	40-<46	1.056 (1.013 - 1.101)	6.482	0.011
		46-62	0.938 (0.884 - 0.996)	4.421	0.036
	Antihypertensiva + Cardiaca	40-<46	1.106 (1.021 - 1.199)	6.043	0.014
		46-62	1.145 (1.021 - 1.283)	5.388	0.020
	Antihypertensiva + Cardiaca+ Tranquillizer etc.	40-<46	1.265 (1.066 - 1.501)	7.275	0.007
		46-62	0.989 (0.771 - 1.268)	0.008	0.929
	"Restliche" Arzneimittel (ohne Antihypertensiva, Cardiaca, Tranquillizer, Antidepressiva)	40-<46	1.026 (0.999 - 1.053)	3.542	0.060
		46-62	0.964 (0.929 - 1.000)	3.828	0.050
Weiblich	Antihypertensiva	40-<46	1.102 (1.016 - 1.196)	5.420	0.020
		46-62	1.175 (1.045 - 1.321)	7.261	0.007
	Antihypertensiva	40-<46	1.332 (1.274 - 1.392)	159.3	0.000
		46-62	1.319 (1.234 - 1.409)	67.31	0.000
	Cardiaca	40-<46	1.356 (1.276 - 1.441)	96.45	0.000
		46-62	1.498 (1.365 - 1.645)	72.14	0.000
	Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika	40-<46	1.264 (1.183 - 1.350)	48.10	0.000
		46-62	1.115 (1.008 - 1.235)	4.437	0.035
	Antidepressiva	40-<46	1.143 (1.070 - 1.221)	15.92	0.000
		46-62	1.097 (0.998 - 1.206)	3.706	0.054
	Gastro-Intestinalia	40-<46	1.048 (1.009 - 1.089)	5.795	0.016
		46-62	0.959 (0.907 - 1.013)	2.219	0.136
	Antihypertensiva + Cardiaca	40-<46	1.551 (1.449 - 1.660)	159.2	0.000
		46-62	1.974 (1.772 - 2.197)	153.7	0.000
	Antihypertensiva + Cardiaca+ Tranquillizer etc.	40-<46	1.894 (1.689 - 2.125)	119.1	0.000
		46-62	2.116 (1.730 - 2.587)	53.34	0.000
	"Restliche" Arzneimittel (ohne Antihypertensiva, Cardiaca, Tranquillizer, Antidepressiva)	40-<46	1.010 (0.985 - 1.036)	0.587	0.443
		46-62	1.004 (0.969 - 1.040)	0.044	0.834
	Antihypertensiva + Cardiaca + "Restliche" Arzneimittel	40-<46	1.551 (1.447 - 1.662)	154.8	0.000
		46-62	2.025 (1.815 - 2.260)	158.7	0.000



Tabelle 9. Fluglärm am Tage (6-22 Uhr) (adjustiert für stetige Variable: Fluglärm (6-22 Uhr), Strassenlärm (22-6 Uhr), Schienenlärm (22-6 Uhr), Sozialhilfe- und Altenheimplatz-Dichte, Alter (Referenz: 80+), Interaktion Fluglärm\*Sozialhilfe, Interaktion Alter\*Fluglärm, Lärmschutz-Möglichkeit (binär))

Arzneimittelgruppe	Geschlecht	Odds Ratio (95% CI)	Chi <sup>2</sup>	P
Antihypertensiva	männlich	1.015 (0.945 - 1.091)	0.168	0.682
	weiblich	1.254 (1.179 - 1.334)	51.99	0.000
Cardiaca	männlich	1.073 (0.968 - 1.189)	1.797	0.180
	weiblich	1.291 (1.175 - 1.419)	28.19	0.000
Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika	männlich	1.002 (0.866 - 1.159)	0.001	0.982
	weiblich	1.328 (1.194 - 1.476)	27.57	0.000
Antidepressiva	männlich	0.977 (0.847 - 1.127)	0.100	0.751
	weiblich	1.155 (1.046 - 1.275)	8.187	0.004
Gastro-Intestinalia	männlich	1.041 (0.970 - 1.118)	1.264	0.261
	weiblich	1.038 (0.973 - 1.108)	1.275	0.259
Antihypertensiva + Cardiaca	männlich	1.092 (0.972 - 1.226)	2.213	0.137
	weiblich	1.445 (1.299 - 1.607)	45.75	0.000
Antihypertensiva + Cardiaca + Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika	männlich	1.110 (0.831 - 1.481)	0.499	0.480
	weiblich	1.916 (1.551 - 2.367)	36.42	0.000
„Rest“-Arzneimittel	männlich	0.920 (0.880 - 0.963)	13.18	0.000
	weiblich	0.990 (0.952 - 1.029)	0.257	0.612
„Rest“-Arzneimittel bei Versicherten mit Antihypertensiva + Cardiaca	männlich	1.103 (0.973 - 1.250)	2.332	0.127
	weiblich	1.427 (1.273 - 1.599)	37.53	0.000

Tabelle 10. Fluglärm am Tage (6-22 Uhr) nach Median (adjustiert für stetige Variable: Fluglärm (6-22 Uhr), Strassenlärm (22-6 Uhr), Schienenlärm (22-6 Uhr), Sozialhilfe- und Altenheimplatz-Dichte, Alter (Referenz: 80+), Interaktion Fluglärm\*Sozialhilfe, Interaktion Alter\*Fluglärm, Lärm-schutzmöglichkeit (binär))

Geschlecht	Arzneimittelgruppe	dB(A)	Odds Ratio (95% CI)	Chi <sup>2</sup>	p
männlich	Antihypertensiva	40-46	1.046 (0.976 - 1.121)	1.645	0.200
		47-64	1.016 (0.923 - 1.119)	0.108	0.742
	Cardiaca	40-46	0.909 (0.825 - 1.003)	3.633	0.057
		47-64	1.022 (0.894 - 1.169)	0.099	0.753
	Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika	40-46	1.027 (0.917 - 1.150)	0.208	0.648
		47-64	0.783 (0.662 - 0.926)	8.182	0.004
	Antidepressiva	40-46	1.020 (0.906 - 1.148)	0.108	0.742
		47-64	0.927 (0.786 - 1.093)	0.810	0.368
	Gastro-Intestinalia	40-46	1.005 (0.951 - 1.062)	0.027	0.869
		47-64	0.893 (0.826 - 0.966)	7.963	0.005
	Antihypertensiva + Cardiaca	40-46	0.953 (0.854 - 1.064)	0.741	0.389
		47-64	1.107 (0.951 - 1.289)	1.727	0.189
	Antihypertensiva + Cardiaca+ Tranquillizer etc.	40-46	0.978 (0.771 - 1.242)	0.032	0.857
		47-64	0.880 (0.628 - 1.235)	0.543	0.461
	"Restliche" Arzneimittel (ohne Antihypertensiva, Cardiaca, Tranquillizer, Antidepressiva)	40-46	0.966 (0.932 - 1.000)	3.805	0.051
		47-64	0.878 (0.836 - 0.922)	27.23	0.000
	Antihypertensiva + Cardiaca + "Restliche" Arzneimittel	40-46	0.944 (0.844 - 1.057)	0.994	0.319
		47-64	1.074 (0.918 - 1.257)	0.803	0.370
weiblich	Antihypertensiva	40-46	1.270 (1.197 - 1.347)	62.70	0.000
		47-64	1.199 (1.099 - 1.308)	16.69	0.000
	Cardiaca	40-46	1.244 (1.147 - 1.350)	27.58	0.000
		47-64	1.107 (0.977 - 1.255)	2.552	0.110
	Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika	40-46	1.144 (1.047 - 1.249)	8.946	0.003
		47-64	1.168 (1.022 - 1.334)	5.169	0.023
	Antidepressiva	40-46	1.040 (0.953 - 1.134)	0.774	0.379
		47-64	1.140 (1.007 - 1.290)	4.309	0.038
	Gastro-Intestinalia	40-46	0.955 (0.908 - 1.005)	3.137	0.077
		47-64	0.869 (0.808 - 0.935)	14.24	0.000
	Antihypertensiva + Cardiaca	40-46	1.425 (1.299 - 1.563)	56.69	0.000
		47-64	1.365 (1.181 - 1.578)	17.68	0.000
	Antihypertensiva + Cardiaca+ Tranquillizer etc.	40-46	1.621 (1.386 - 1.894)	36.73	0.000
		47-64	1.931 (1.477 - 2.524)	23.17	0.000
	"Restliche" Arzneimittel (ohne Antihypertensiva, Cardiaca, Tranquillizer, Antidepressiva)	40-46	0.993 (0.961 - 1.027)	0.169	0.681
		47-64	0.944 (0.901 - 0.989)	5.900	0.015
	Antihypertensiva + Cardiaca + "Restliche" Arzneimittel	40-46	1.407 (1.281 - 1.545)	50.68	0.000
		47-64	1.354 (1.167 - 1.571)	15.91	0.000

Für das Zeitfenster nächtlichen Fluglärms zwischen 3 und 5 Uhr sind ergänzende Analysen durchgeführt worden, um zu untersuchen, ob in verschiedenen Strata der Sozialhilfe-Häufigkeit unterschiedliche Effekte nächtlichen Fluglärms zu beobachten wären. Dafür sind sowohl die Variable Sozialhilfe-Häufigkeit als auch der Fluglärmparameter in Quartile umgewandelt worden (Tabellen 13-18). Dabei zeigen sich für die kardiovaskulär wirkenden Arzneimittel folgende Effekte:

- Bis auf wenige Ausnahmen zeigen sich in allen Sozialhilfe-Quartilen Anstiege der Odds Ratios über die Fluglärm-Quartilen.
- Odds Ratios fallen, wie bei allen zuvor ausgeführten Analysen bei Frauen stärker aus als bei Männern.
- Die Odds Ratios steigen am stärksten bei der Kombination von kardiovaskulär wirksamen Arzneimitteln miteinander bzw. mit anderen Arzneimittelgruppen. Dieses ist als Indikator dafür zu interpretieren, dass bei Versicherten, deren Erkrankungen die Behandlung mit Arzneimitteln aus verschiedenen Arzneimittelgruppen erfordern, stärkere Effekte auftreten als bei denjenigen, deren Behandlung lediglich Arzneimittel einer Kategorie verlangt. Die maximal auftretenden Odds Ratios belaufen sich bei Männern in der Kombination von kardiovaskulär wirksamen Arzneimitteln mit Tranquillizern auf 3.3 (4. Sozialhilfe-Quartile, 4. Fluglärmquartile), bei Frauen auf 3.6 (4. Sozialhilfe-Quartile, 3. Fluglärm-Quartile).
- In mehreren Strata der Sozialhilfe-Häufigkeit findet sich in der vierten Fluglärmquartile ein niedrigerer, wenngleich auch signifikant erhöhter Wert als in der dritten Quartile.
- Die 2. Sozialhilfe-Quartile bei Männern weist bei kardiovaskulär wirksamen Arzneimitteln z.T. überhaupt keine erhöhten Odds Ratios auf.
- Verordnungen für Antidepressiva zeigen bei Männern lediglich in der 1. Sozialhilfe-Quartile Effekte. Bei Frauen finden sich - mit Ausnahme der 3. Sozialhilfe-Quartile - mit der Fluglärm-Intensität ansteigende Effekte, die am stärksten in der 4. Sozialhilfe-Quartile ausgeprägt sind.
- Tranquillizer, Sedativa und Hypnotika weisen bei Frauen in allen Sozialhilfe-Quartilen einen Trend zum Anstieg mit zunehmender Fluglärmbelastung auf. Dabei finden sich die größten Odds Ratios in der 1. Sozialhilfe-Quartile. Bei Männern findet sich ausschließlich in der ersten Sozialhilfe-Quartile ein relevanter Anstieg

- Bei Arzneimitteln zur Behandlung von Magen- und Darmerkrankungen finden sich bei beiden Geschlechtern sporadisch erhöhte Odds Ratios, ohne dass ein Trend erkennbar wäre.

Tabelle 11. Fluglärm nachts (3-5 Uhr) und Antihypertensiva nach Quartilen der Sozialhilfe-Häufigkeit und des Fluglärms

Geschlecht	Sozialhilfe-Quartile (%)	Fluglärm-Quartile (dB(A))	Odds Ratio (95% CI)	Chi <sup>2</sup>	p
Männlich	< 2.1	40-43	1.034 (0.916 -1.168)	0.29	0.5892
		44-45	1.201 (1.106 -1.304)	18.96	0.0000
		46-47	1.339 (1.215 -1.476)	34.41	0.0000
		48-61	1.300 (1.155 -1.463)	18.99	0.0000
	2.1 -< 4.4	40-43	0.968 (0.902 -1.039)	0.80	0.3715
		44-45	1.116 (1.056 -1.180)	15.18	0.0001
		46-47	1.042 (0.976 -1.113)	1.54	0.2150
		48-61	1.076 (0.993 -1.165)	3.20	0.0735
	4.4 -< 6.9	40-43	1.130 (1.056 -1.208)	12.51	0.0004
		44-45	1.115 (1.045 -1.189)	10.90	0.0010
		46-47	1.162 (1.076 -1.254)	14.84	0.0001
		48-61	1.000 (0.913 -1.096)	0.00	0.9933
	6.9 +	40-43	1.090 (1.011 -1.174)	5.08	0.0242
		44-45	1.087 (1.009 -1.172)	4.78	0.0288
		46-47	1.118 (1.024 -1.222)	6.14	0.0132
		48-61	1.248 (1.115 -1.396)	14.94	0.0001
Weiblich	< 2.1	40-43	1.194 (1.084 -1.316)	12.83	0.0003
		44-45	1.355 (1.265 -1.452)	74.51	0.0000
		46-47	1.663 (1.532 -1.804)	148.55	0.0000
		48-61	1.482 (1.342 -1.637)	60.11	0.0000
	2.1 -< 4.4	40-43	1.170 (1.099 -1.245)	24.44	0.0000
		44-45	1.524 (1.449 -1.603)	264.23	0.0000
		46-47	1.623 (1.529 -1.723)	252.48	0.0000
		48-61	1.670 (1.553 -1.796)	191.63	0.0000
	4.4 -< 6.9	40-43	1.385 (1.307 -1.467)	122.09	0.0000
		44-45	1.529 (1.447 -1.615)	227.47	0.0000
		46-47	1.747 (1.638 -1.864)	286.49	0.0000
		48-61	1.481 (1.370 -1.601)	97.56	0.0000
	6.9 +	40-43	1.243 (1.164 -1.328)	41.95	0.0000
		44-45	1.399 (1.310 -1.493)	100.44	0.0000
		46-47	1.451 (1.344 -1.567)	90.48	0.0000
		48-61	1.362 (1.235 -1.501)	38.65	0.0000

Adjustiert für stetige Variable: Fluglärm (3-5 Uhr), Straßenverkehrslärm (22-6 Uhr), Schienenverkehrslärm (22-6 Uhr), Altenheimplatz-Dichte, Alter (Referenz: 80+), Interaktion Alter\*Fluglärm, Lärmschutzmöglichkeit (binär)

Tabelle 12. Fluglärm nachts (3-5 Uhr) und Cardiaca nach Quartilen der Sozialhilfe-Häufigkeit und des Fluglärms

Geschlecht	Sozialhilfe-Quartile (%)	Fluglärm-Quartile (dB(A))	Odds Ratio (95% CI)	Chi <sup>2</sup>	p
Männlich	< 2.1	40-43	0.830 (0.690 -0.999)	3.88	0.0488
		44-45	1.114 (0.990 -1.254)	3.22	0.0730
		46-47	1.231 (1.070 -1.416)	8.48	0.0036
		48-61	1.190 (1.005 -1.410)	4.08	0.0435
	2.1 -< 4.4	40-43	0.951 (0.861 -1.051)	0.97	0.3246
		44-45	1.078 (0.997 -1.166)	3.59	0.0580
		46-47	1.089 (0.994 -1.194)	3.32	0.0684
		48-61	1.165 (1.041 -1.303)	7.08	0.0078
	4.4 -< 6.9	40-43	1.175 (1.071 -1.290)	11.54	0.0007
		44-45	1.348 (1.233 -1.475)	42.75	0.0000
		46-47	1.513 (1.362 -1.682)	59.02	0.0000
		48-61	1.575 (1.388 -1.786)	49.88	0.0000
	6.9 +	40-43	1.140 (1.032 -1.259)	6.68	0.0097
		44-45	1.127 (1.017 -1.249)	5.20	0.0226
		46-47	1.146 (1.015 -1.294)	4.87	0.0273
		48-61	1.301 (1.116 -1.517)	11.28	0.0008
Weiblich	< 2.1	40-43	1.177 (1.024 -1.354)	5.25	0.0220
		44-45	1.527 (1.383 -1.685)	70.64	0.0000
		46-47	2.027 (1.804 -2.278)	140.67	0.0000
		48-61	1.586 (1.376 -1.827)	40.72	0.0000
	2.1 -< 4.4	40-43	1.293 (1.186 -1.410)	33.79	0.0000
		44-45	1.773 (1.650 -1.906)	242.06	0.0000
		46-47	1.804 (1.658 -1.964)	186.05	0.0000
		48-61	1.902 (1.717 -2.108)	150.72	0.0000
	4.4 -< 6.9	40-43	1.432 (1.323 -1.551)	78.93	0.0000
		44-45	1.619 (1.499 -1.748)	150.29	0.0000
		46-47	1.947 (1.779 -2.131)	209.46	0.0000
		48-61	1.653 (1.483 -1.843)	82.02	0.0000
	6.9 +	40-43	1.343 (1.230 -1.468)	42.76	0.0000
		44-45	1.376 (1.257 -1.507)	47.85	0.0000
		46-47	1.499 (1.348 -1.666)	56.03	0.0000
		48-61	1.378 (1.204 -1.576)	21.81	0.0000

Adjustiert für stetige Variable: Fluglärm (3-5 Uhr), Straßenverkehrslärm (22-6 Uhr), Schienenverkehrslärm (22-6 Uhr), Altenheimplatz-Dichte, Alter (Referenz: 80+), Interaktion Alter\*Fluglärm, Lärmschutzmöglichkeit (binär)

Tabelle 13. Fluglärm nachts (3-5 Uhr) und Cardiac & Antihypertensiva nach Quartilen der Sozialhilfe-Häufigkeit und des Fluglärms

Geschlecht	Sozialhilfe- Quartile (%)	Fluglärm- Quartile (dB(A))	Odds Ratio (95% CI)	Chi <sup>2</sup>	p
Männlich	< 2.1	40-43	0.909 (0.743 -1.113)	0.85	0.3559
		44-45	1.321 (1.162 -1.502)	18.03	0.0000
		46-47	1.502 (1.291 -1.749)	27.63	0.0000
		48-61	1.523 (1.268 -1.830)	20.21	0.0000
	2.1 -< 4.4	40-43	0.948 (0.847 -1.062)	0.84	0.3598
		44-45	1.175 (1.076 -1.283)	12.91	0.0003
		46-47	1.165 (1.050 -1.292)	8.37	0.0038
		48-61	1.245 (1.098 -1.412)	11.61	0.0007
	4.4 -< 6.9	40-43	1.252 (1.129 -1.388)	18.08	0.0000
		44-45	1.413 (1.278 -1.561)	45.84	0.0000
		46-47	1.651 (1.468 -1.858)	69.64	0.0000
		48-61	1.663 (1.446 -1.914)	50.57	0.0000
	6.9 +	40-43	1.214 (1.083 -1.362)	11.01	0.0009
		44-45	1.330 (1.179 -1.501)	21.41	0.0000
		46-47	1.440 (1.248 -1.661)	24.96	0.0000
		48-61	1.702 (1.421 -2.038)	33.44	0.0000
Weiblich	< 2.1	40-43	1.310 (1.124 -1.528)	11.90	0.0006
		44-45	1.705 (1.528 -1.904)	90.45	0.0000
		46-47	2.095 (1.840 -2.385)	124.85	0.0000
		48-61	1.617 (1.383 -1.891)	36.15	0.0000
	2.1 -< 4.4	40-43	1.499 (1.359 -1.653)	65.82	0.0000
		44-45	2.378 (2.190 -2.582)	425.43	0.0000
		46-47	2.563 (2.328 -2.823)	365.78	0.0000
		48-61	2.829 (2.519 -3.175)	310.18	0.0000
	4.4 -< 6.9	40-43	1.613 (1.475 -1.763)	109.81	0.0000
		44-45	1.962 (1.799 -2.140)	230.91	0.0000
		46-47	2.500 (2.259 -2.767)	313.45	0.0000
		48-61	2.119 (1.876 -2.394)	145.72	0.0000
	6.9 +	40-43	1.523 (1.376 -1.684)	66.59	0.0000
		44-45	1.682 (1.517 -1.865)	97.16	0.0000
		46-47	1.895 (1.680 -2.138)	108.38	0.0000
		48-61	1.509 (1.295 -1.760)	27.70	0.0000

Adjustiert für stetige Variable: Fluglärm (3-5 Uhr), Straßenverkehrslärm (22-6 Uhr), Schienenverkehrslärm (22-6 Uhr), Altenheimplatz-Dichte, Alter (Referenz: 80+), Interaktion Alter\*Fluglärm, Lärmschutzmöglichkeit (binär)

Tabelle 14. Fluglärm nachts (3-5 Uhr) und Cardiac & Antihypertensiva & Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika nach Quartilen der Sozialhilfe-Häufigkeit und des Fluglärms

Geschlecht	Sozialhilfe-Quartile (%)	Fluglärm-Quartile (dB(A))	Odds Ratio (95% CI)	Chi <sup>2</sup>	p
Männlich	< 2.1	40-43	0.781 (0.464 -1.314)	0.87	0.3515
		44-45	1.676 (1.255 -2.239)	12.24	0.0005
		46-47	2.606 (1.852 -3.665)	30.26	0.0000
		48-61	2.226 (1.476 -3.358)	14.55	0.0001
	2.1 -< 4.4	40-43	0.694 (0.525 -0.916)	6.66	0.0099
		44-45	1.064 (0.878 -1.290)	0.40	0.5276
		46-47	0.792 (0.632 -0.992)	4.10	0.0428
		48-61	1.033 (0.784 -1.362)	0.05	0.8155
	4.4 -< 6.9	40-43	1.678 (1.341 -2.100)	20.51	0.0000
		44-45	2.104 (1.678 -2.638)	41.61	0.0000
		46-47	3.160 (2.423 -4.121)	72.13	0.0000
		48-61	2.879 (2.102 -3.943)	43.45	0.0000
	6.9 +	40-43	1.560 (1.235 -1.971)	13.93	0.0002
		44-45	2.101 (1.640 -2.691)	34.59	0.0000
		46-47	2.283 (1.705 -3.058)	30.71	0.0000
		48-61	3.270 (2.270 -4.711)	40.47	0.0000
Weiblich	< 2.1	40-43	1.409 (1.068 -1.859)	5.88	0.0153
		44-45	1.863 (1.524 -2.277)	36.82	0.0000
		46-47	2.296 (1.813 -2.908)	47.62	0.0000
		48-61	1.378 (1.038 -1.830)	4.92	0.0265
	2.1 -< 4.4	40-43	1.564 (1.308 -1.871)	23.99	0.0000
		44-45	2.612 (2.247 -3.037)	155.98	0.0000
		46-47	3.222 (2.701 -3.844)	169.09	0.0000
		48-61	2.881 (2.334 -3.557)	96.90	0.0000
	4.4 -< 6.9	40-43	1.922 (1.639 -2.254)	64.52	0.0000
		44-45	2.292 (1.955 -2.687)	104.42	0.0000
		46-47	3.019 (2.508 -3.632)	136.83	0.0000
		48-61	2.474 (1.982 -3.088)	64.21	0.0000
	6.9 +	40-43	2.087 (1.756 -2.481)	69.75	0.0000
		44-45	2.684 (2.236 -3.222)	112.34	0.0000
		46-47	3.615 (2.923 -4.471)	140.53	0.0000
		48-61	2.701 (2.062 -3.539)	52.00	0.0000

Adjustiert für stetige Variable: Fluglärm (3-5 Uhr), Straßenverkehrslärm (22-6 Uhr), Schienenverkehrslärm (22-6 Uhr), Altenheimplatz-Dichte, Alter (Referenz: 80+), Interaktion Alter\*Fluglärm, Lärmschutzmöglichkeit (binär)

Tabelle 15. Fluglärm nachts (3-5 Uhr) und Cardiac & Antihypertensiva & „restliche“ Arzneimittel Quartilen der Sozialhilfe-Häufigkeit und des Fluglärms

Geschlecht	Sozialhilfe-Quartile (%)	Fluglärm-Quartile (dB(A))	Odds Ratio (95% CI)	Chi <sup>2</sup>	p
Männlich	< 2.1	40-43	0.959 (0.782 -1.175)	0.16	0.6849
		44-45	1.363 (1.194 -1.555)	21.03	0.0000
		46-47	1.632 (1.396 -1.908)	37.64	0.0000
		48-61	1.595 (1.321 -1.927)	23.47	0.0000
	2.1 -< 4.4	40-43	0.941 (0.838 -1.056)	1.07	0.3017
		44-45	1.134 (1.037 -1.241)	7.54	0.0060
		46-47	1.126 (1.013 -1.251)	4.84	0.0277
		48-61	1.103 (0.969 -1.255)	2.21	0.1369
	4.4 -< 6.9	40-43	1.254 (1.127 -1.394)	17.43	0.0000
		44-45	1.463 (1.321 -1.621)	53.44	0.0000
		46-47	1.771 (1.571 -1.998)	86.90	0.0000
		48-61	1.774 (1.537 -2.047)	61.64	0.0000
	6.9 +	40-43	1.254 (1.116 -1.408)	14.49	0.0001
		44-45	1.376 (1.216 -1.558)	25.47	0.0000
		46-47	1.542 (1.332 -1.786)	33.47	0.0000
		48-61	1.864 (1.550 -2.242)	43.76	0.0000
Weiblich	< 2.1	40-43	1.316 (1.126 -1.538)	11.87	0.0006
		44-45	1.735 (1.550 -1.942)	91.86	0.0000
		46-47	2.176 (1.905 -2.486)	131.43	0.0000
		48-61	1.640 (1.397 -1.925)	36.49	0.0000
	2.1 -< 4.4	40-43	1.517 (1.373 -1.675)	67.54	0.0000
		44-45	2.437 (2.240 -2.650)	430.23	0.0000
		46-47	2.654 (2.404 -2.929)	376.17	0.0000
		48-61	2.760 (2.452 -3.107)	282.82	0.0000
	4.4 -< 6.9	40-43	1.601 (1.461 -1.754)	101.43	0.0000
		44-45	2.049 (1.875 -2.240)	249.56	0.0000
		46-47	2.676 (2.412 -2.969)	345.09	0.0000
		48-61	2.242 (1.979 -2.541)	160.89	0.0000
	6.9 +	40-43	1.539 (1.389 -1.704)	68.07	0.0000
		44-45	1.728 (1.556 -1.920)	103.76	0.0000
		46-47	1.941 (1.717 -2.195)	112.38	0.0000
		48-61	1.580 (1.352 -1.847)	33.13	0.0000

Adjustiert für stetige Variable: Fluglärm (3-5 Uhr), Straßenverkehrslärm (22-6 Uhr), Schienenverkehrslärm (22-6 Uhr), Altenheimplatz-Dichte, Alter (Referenz: 80+), Interaktion Alter\*Fluglärm, Lärmschutzmöglichkeit (binär)



Tabelle 16. Fluglärm nachts (3-5 Uhr) und Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika nach Quartilen der Sozialhilfe-Häufigkeit und des Fluglärms

Geschlecht	Sozialhilfe- Quartile (%)	Fluglärm- Quartile (dB(A))	Odds Ratio (95% CI)	Chi <sup>2</sup>	p
Männlich	< 2.1	40-43	0.888 (0.697 -1.130)	0.94	0.3334
		44-45	1.199 (1.025 -1.403)	5.13	0.0235
		46-47	1.717 (1.425 -2.069)	32.27	0.0000
		48-61	1.318 (1.051 -1.653)	5.73	0.0167
	2.1 -< 4.4	40-43	0.971 (0.857 -1.100)	0.21	0.6463
		44-45	1.137 (1.031 -1.254)	6.61	0.0101
		46-47	1.083 (0.964 -1.215)	1.81	0.1789
		48-61	1.071 (0.930 -1.234)	0.91	0.3396
	4.4 -< 6.9	40-43	1.101 (0.977 -1.240)	2.50	0.1138
		44-45	1.067 (0.952 -1.197)	1.25	0.2644
		46-47	1.140 (0.995 -1.306)	3.57	0.0587
		48-61	0.963 (0.818 -1.134)	0.21	0.6505
	6.9 +	40-43	1.013 (0.901 -1.139)	0.05	0.8277
		44-45	1.080 (0.964 -1.210)	1.76	0.1846
		46-47	1.080 (0.945 -1.235)	1.28	0.2571
		48-61	0.996 (0.840 -1.180)	0.00	0.9594
Weiblich	< 2.1	40-43	1.208 (1.031 -1.416)	5.44	0.0197
		44-45	1.350 (1.204 -1.513)	26.40	0.0000
		46-47	1.781 (1.555 -2.040)	69.31	0.0000
		48-61	1.472 (1.248 -1.735)	21.18	0.0000
	2.1 -< 4.4	40-43	1.023 (0.926 -1.130)	0.20	0.6555
		44-45	1.286 (1.188 -1.393)	38.41	0.0000
		46-47	1.365 (1.243 -1.500)	42.14	0.0000
		48-61	1.336 (1.192 -1.499)	24.54	0.0000
	4.4 -< 6.9	40-43	1.344 (1.228 -1.470)	41.47	0.0000
		44-45	1.287 (1.179 -1.405)	32.00	0.0000
		46-47	1.582 (1.427 -1.754)	76.11	0.0000
		48-61	1.238 (1.093 -1.402)	11.28	0.0008
	6.9 +	40-43	1.268 (1.157 -1.391)	25.66	0.0000
		44-45	1.233 (1.124 -1.352)	19.80	0.0000
		46-47	1.369 (1.228 -1.526)	32.18	0.0000
		48-61	1.305 (1.137 -1.497)	14.37	0.0002

Adjustiert für stetige Variable: Fluglärm (3-5 Uhr), Straßenverkehrslärm (22-6 Uhr), Schienenverkehrslärm (22-6 Uhr), Altenheimplatz-Dichte, Alter (Referenz: 80+), Interaktion Alter\*Fluglärm, Lärmschutzmöglichkeit (binär)

Tabelle 17. Fluglärm nachts (3-5 Uhr) und Antidepressiva nach Quartilen der Sozialhilfe-Häufigkeit und des Fluglärms

Geschlecht	Sozialhilfe- Quartile (%)	Fluglärm- Quartile (dB(A))	Odds Ratio (95% CI)	Chi <sup>2</sup>	p
Männlich	< 2.1	40-43	0.837 (0.657 -1.066)	2.08	0.1497
		44-45	0.906 (0.772 -1.062)	1.50	0.2210
		46-47	1.082 (0.896 -1.307)	0.67	0.4126
		48-61	1.052 (0.837 -1.323)	0.19	0.6648
	2.1 -< 4.4	40-43	1.048 (0.929 -1.181)	0.58	0.4471
		44-45	1.006 (0.915 -1.106)	0.01	0.9073
		46-47	0.875 (0.783 -0.979)	5.44	0.0197
		48-61	0.950 (0.828 -1.090)	0.53	0.4667
	4.4 -< 6.9	40-43	0.939 (0.830 -1.063)	0.99	0.3202
		44-45	1.077 (0.960 -1.208)	1.61	0.2047
		46-47	1.017 (0.888 -1.165)	0.06	0.8110
		48-61	0.876 (0.743 -1.032)	2.52	0.1125
	6.9 +	40-43	1.025 (0.908 -1.157)	0.16	0.6932
		44-45	1.062 (0.943 -1.197)	1.00	0.3178
		46-47	1.055 (0.917 -1.214)	0.56	0.4545
		48-61	1.157 (0.968 -1.381)	2.58	0.1082
Weiblich	< 2.1	40-43	1.016 (0.871 -1.185)	0.04	0.8429
		44-45	0.962 (0.863 -1.073)	0.48	0.4885
		46-47	1.340 (1.177 -1.526)	19.61	0.0000
		48-61	1.175 (1.003 -1.376)	3.98	0.0460
	2.1 -< 4.4	40-43	1.116 (1.017 -1.225)	5.37	0.0205
		44-45	1.267 (1.174 -1.367)	37.22	0.0000
		46-47	1.397 (1.277 -1.528)	53.08	0.0000
		48-61	1.498 (1.342 -1.671)	51.94	0.0000
	4.4 -< 6.9	40-43	1.171 (1.075 -1.276)	13.08	0.0003
		44-45	1.047 (0.966 -1.135)	1.27	0.2594
		46-47	1.203 (1.094 -1.323)	14.50	0.0001
		48-61	1.119 (0.997 -1.255)	3.68	0.0552
	6.9 +	40-43	1.170 (1.068 -1.282)	11.38	0.0007
		44-45	1.207 (1.103 -1.320)	16.79	0.0000
		46-47	1.311 (1.179 -1.458)	25.04	0.0000
		48-61	1.548 (1.354 -1.769)	40.99	0.0000

Adjustiert für stetige Variable: Fluglärm (3-5 Uhr), Straßenverkehrslärm (22-6 Uhr), Schienenverkehrslärm (22-6 Uhr), Altenheimplatz-Dichte, Alter (Referenz: 80+), Interaktion Alter\*Fluglärm, Lärmschutzmöglichkeit (binär)

Tabelle 18. Fluglärm nachts (3-5 Uhr) und Gastro-Intestinalia nach Quartilen der Sozialhilfe-Häufigkeit und des Fluglärms

Geschlecht	Sozialhilfe- Quartile (%)	Fluglärm- Quartile (dB(A))	Odds Ratio (95% CI)	Chi <sup>2</sup>	p
Männlich	< 2.1	40-43	1.013 (0.909 -1.129)	0.06	0.8129
		44-45	0.967 (0.894 -1.046)	0.70	0.4021
		46-47	1.105 (1.007 -1.213)	4.46	0.0346
		48-61	0.931 (0.832 -1.042)	1.54	0.2146
	2.1 -< 4.4	40-43	0.991 (0.933 -1.051)	0.10	0.7544
		44-45	1.074 (1.025 -1.125)	8.87	0.0029
		46-47	1.088 (1.030 -1.150)	9.01	0.0027
		48-61	1.050 (0.982 -1.124)	2.04	0.1534
	4.4 -< 6.9	40-43	1.066 (1.006 -1.129)	4.65	0.0311
		44-45	1.032 (0.978 -1.090)	1.32	0.2504
		46-47	1.145 (1.073 -1.221)	16.80	0.0000
		48-61	1.061 (0.982 -1.147)	2.23	0.1353
	6.9 +	40-43	1.045 (0.989 -1.105)	2.46	0.1168
		44-45	1.037 (0.984 -1.094)	1.85	0.1742
		46-47	1.020 (0.958 -1.085)	0.37	0.5434
		48-61	1.120 (1.035 -1.212)	7.88	0.0050
Weiblich	< 2.1	40-43	1.018 (0.929 -1.117)	0.15	0.6984
		44-45	1.018 (0.953 -1.089)	0.29	0.5920
		46-47	1.316 (1.215 -1.425)	45.32	0.0000
		48-61	1.036 (0.940 -1.142)	0.50	0.4780
	2.1 -< 4.4	40-43	0.952 (0.901 -1.006)	3.08	0.0795
		44-45	1.052 (1.007 -1.099)	5.24	0.0221
		46-47	1.070 (1.017 -1.127)	6.75	0.0094
		48-61	0.940 (0.882 -1.002)	3.65	0.0561
	4.4 -< 6.9	40-43	1.113 (1.058 -1.172)	16.83	0.0000
		44-45	1.045 (0.996 -1.098)	3.20	0.0737
		46-47	1.186 (1.120 -1.257)	33.53	0.0000
		48-61	1.050 (0.979 -1.126)	1.86	0.1731
	6.9 +	40-43	1.037 (0.985 -1.092)	1.93	0.1650
		44-45	1.036 (0.986 -1.088)	1.94	0.1639
		46-47	1.033 (0.975 -1.095)	1.20	0.2727
		48-61	1.100 (1.021 -1.184)	6.35	0.0117

Adjustiert für stetige Variable: Fluglärm (3-5 Uhr), Straßenverkehrslärm (22-6 Uhr), Schienenverkehrslärm (22-6 Uhr), Altenheimplatz-Dichte, Alter (Referenz: 80+), Interaktion Alter\*Fluglärm, Lärmschutzmöglichkeit (binär)

### 3.5 Straßenverkehr als Einflussfaktor

Da Straßenverkehrslärm in vorangehenden Studien bereits als möglicher Einflussfaktor für die Entstehung von Bluthochdruck identifiziert worden war, ist an dem vorliegenden Datensatz eine explorative Analyse durchgeführt worden. Dafür sind alle diejenigen Versicherten von der Analyse ausgeschlossen worden, bei denen einer der vier Fluglärm-Parameter einen Wert von 40 dB(A) oder mehr aufwies.

Tabellen 19 und 20 zeigen die Ergebnisse für die Quartile des Straßenverkehrslärms am Tage und in der Nacht. Die Pegelwerte reichten am Tage von 37-81 dB(A), in der Nacht von 35-79 dB(A). Als Referenz sind jeweils Versicherte herangezogen worden, bei denen ein Wert von 35 dB(A) angenommen werden musste.

Die Ergebnisse zeigen für beide Geschlechter und für beide Arzneimittelgruppen für den Straßenverkehrslärm am Tage stärkere Anstiege als für Straßenverkehrslärm in der Nacht. Bei Frauen sind wiederum die Effekte stärker ausgeprägt als bei den Männern. Diese Anstiege lassen sich als Indikatoren für einen biologische Gradienten interpretieren.

Tabelle 19. Antihypertensiva und Strassenverkehrslärm nach Quartilen

Zeit	Geschlecht	Quartile	Odds Ratio (95% CI)	Chi <sup>2</sup>	p
Tag (6-22 Uhr)	Männlich	37-53	1.055 (1.016 - 1.096)	7.921	0.005
		54-63	1.080 (1.039 - 1.122)	15.43	0.000
		64-70	1.026 (0.982 - 1.073)	1.327	0.249
		71-81	1.496 (0.935 - 2.392)	2.820	0.093
	Weiblich	37-53	1.089 (1.051 - 1.128)	22.56	0.000
		54-63	1.164 (1.124 - 1.205)	72.23	0.000
		64-70	1.108 (1.065 - 1.153)	25.94	0.000
		71-81	1.994 (1.308 - 3.039)	10.29	0.001
Nacht (22-6 Uhr)	Männlich	35-45	1.067 (0.971 - 1.174)	1.816	0.178
		46-54	1.032 (0.839 - 1.269)	0.089	0.766
		55-61	1.428 (0.953 - 2.141)	2.980	0.084
		62-79	1.137 (0.784 - 1.649)	0.459	0.498
	Weiblich	35-45	1.086 (0.992 - 1.190)	3.195	0.074
		46-54	1.502 (1.247 - 1.809)	18.37	0.000
		55-61	1.129 (0.785 - 1.624)	0.430	0.512
		62-79	1.428 (1.025 - 1.990)	4.439	0.035

Adjustiert für Straßenverkehrslärm (stetig), Alter (Referenz: 80+), Sozialhilfe-Häufigkeit, Altenheimplatz-Dichte, Interaktion alter\*Sozialhilfe-Häufigkeit

Tabelle 20. Cardiac und Straßenverkehrslärm nach Quartilen

Zeit	Geschlecht	Quartile	Odds Ratio (95% CI)	Chi <sup>2</sup>	p
Tag (6-22 Uhr)	Männlich	37-53	1.066 (1.014 - 1.122)	6.152	0.013
		54-63	1.135 (1.079 - 1.194)	24.26	0.000
		64-70	1.021 (0.963 - 1.083)	0.481	0.488
		71-81	1.396 (0.756 - 2.577)	1.137	0.286
	Weiblich	37-53	1.128 (1.075 - 1.184)	24.36	0.000
		54-63	1.199 (1.143 - 1.257)	56.04	0.000
		64-70	1.105 (1.048 - 1.166)	13.51	0.000
		71-81	1.805 (1.027 - 3.172)	4.215	0.040
Nacht (22-6 Uhr)	Männlich	35-45	1.149 (1.012 - 1.305)	4.572	0.033
		46-54	1.568 (1.192 - 2.064)	10.32	0.001
		55-61	1.361 (0.796 - 2.326)	1.269	0.260
		62-79	1.143 (0.705 - 1.853)	0.295	0.587
	Weiblich	35-45	1.224 (1.081 - 1.384)	10.26	0.001
		46-54	1.891 (1.471 - 2.432)	24.70	0.000
		55-61	1.190 (0.728 - 1.946)	0.483	0.487
		62-79	1.477 (0.945 - 2.310)	2.924	0.087

Adjustiert für Straßenverkehrslärm (stetig), Alter (Referenz: 80+), Sozialhilfe-Häufigkeit, Altenheimplatz-Dichte, Interaktion alter\*Sozialhilfe-Häufigkeit

## C. Multiple lineare Regressionen

### 3.6 Einfluss des Fluglärms auf die Verordnungsmenge von Arzneimitteln

Mithilfe der multiplen linearen Regression ist es möglich, den Einfluss mehrerer Einflussvariablen auf eine quantitative Zielvariable zu schätzen. Als Zielvariable sind im Rahmen dieser Studie die pro Versicherungsjahr verordneten definierten Tagesdosen verschiedener Arzneimittelgruppen definiert worden. Als Einflussvariable wurden neben dem Fluglärm der nächtliche Verkehrslärm (Straße, Schiene) gewählt, sowie als mögliche Störvariable die Sozialhilfe-Häufigkeit des Stadt- oder Ortsteils der Anschrift der Versicherten und die Dichte von Altenheim-Plätzen. Da die Sozialhilfe-Häufigkeit in den verschiedenen Fluglärmzonen ungleich verteilt war, wurde zur Verbesserung der Vergleichbarkeit zwischen den Lärmzonen als Adjustierungsfaktor das Zusammenwirken von Sozialhilfe-Häufigkeit und Fluglärm angewendet.

Als Ergebnis einer solchen Regressionsrechnung erhält man eine Funktion mit mehreren Parametern, die die Berechnung von verordneten definierten Tagesdosen unter verschiedenen Ausprägungen der Einflussfaktoren erlaubt. Für die nachfolgenden Abbildungen wurden folgende Ausprägungen gewählt:

- Fluglärm: ohne Fluglärm, 45, 50, 55 dB(A) Dauerschallpegel
- Straßenverkehrslärm: 50 dB(A) nachts
- Schienenverkehrslärm: keiner
- Sozialhilfe-Häufigkeit: 4.4% (= Medianwert)
- Dichte von Altenheimplätzen: 9.2% (= Medianwert).

In den Abbildungen 18-23 sind zur Visualisierung der Signifikanz der Anstiege der Verordnungsmengen mit ansteigendem Dauerschallpegel durch Fluglärm die p-Werte der Regressionskoeffizienten für den Fluglärmparameter für die einzelnen Modellrechnungen nach folgender Konvention gekennzeichnet worden:

- \* =  $p \leq 0.05$
- \*\* =  $p \leq 0.01$
- \*\*\* =  $p \leq 0.001$ .

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass die nachfolgend dargestellten Abbildungen berechnete Werte auf der Basis der ermittelten Regressionsfunktionen und nicht beobachtete Werte darstellen können. Die Schätzung der Auswirkungen nächtlichen Fluglärms zwischen 3 und 5 Uhr (Abbildungen 16 und 17) zeigt für Männer wie für Frauen einen Anstieg der Verordnungsmenge mit zunehmender Fluglärmintensität. Dieses zeigt sich in allen Altersgruppen. Allerdings fallen die Verordnungsmengen bei Frauen deutlich höher aus als bei Männern.

In anderen Zeiten des Fluglärms fallen die Anstiege geringer aus als in der zweiten Nachthälfte.

Bei der Analyse der Verordnungsmengen von Tranquillizern, Beruhigungs- und Schlafmitteln (Abbildungen 18 und 19) finden sich deutlich höhere Verordnungsmengen bei Frauen als bei Männern. Während bei Frauen in der höchsten Alterskategorie die Anstiege mit zunehmendem Fluglärm am stärksten ausfallen, finden sich bei Männern in allen Altersgruppen ab dem 60. Lebensjahr stärkere Zunahmen.

Abbildung 16. Verordnung von Antihypertensiva bei Männern

Nächtlicher Strassenverkehrslärm (22-6 Uhr): 50 dB(A) / Kein Schienenlärm

Sozialhilfe-Häufigkeit: 4.4% / Altenheim-Plätze 9.2% / Interaktionsterm Fluglärm\*Sozialhilfe

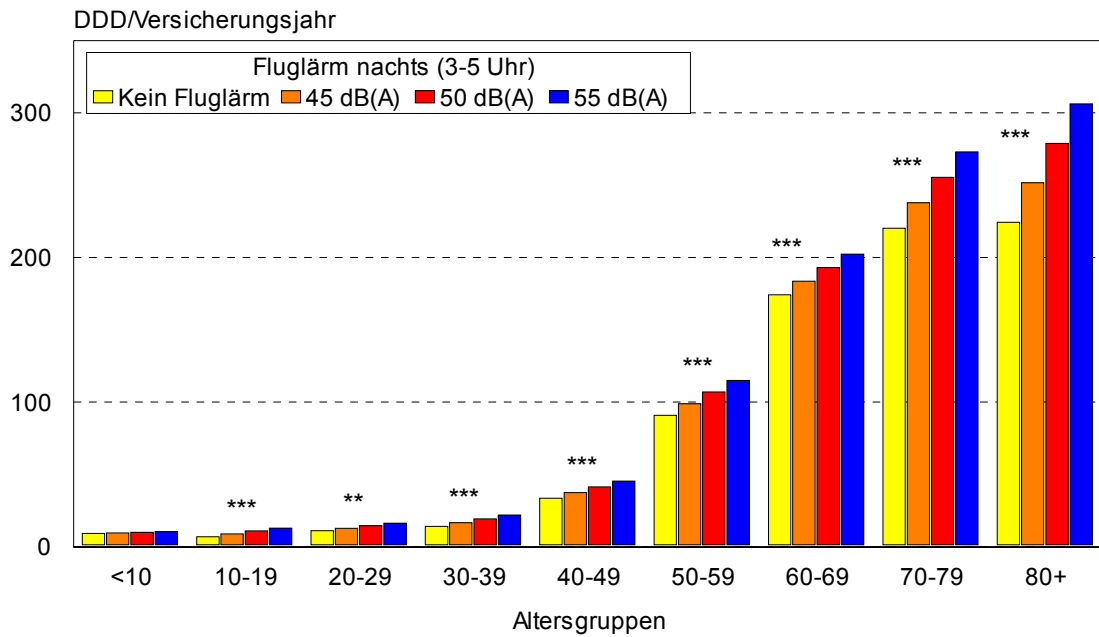


Abbildung 17. Verordnung von Antihypertensiva bei Frauen

Nächtlicher Strassenverkehrslärm (22-6 Uhr): 50 dB(A) / Kein Schienenlärm

Sozialhilfe-Häufigkeit: 4.4% / Altenheim-Plätze 9.2% / Interaktionsterm Fluglärm\*Sozialhilfe

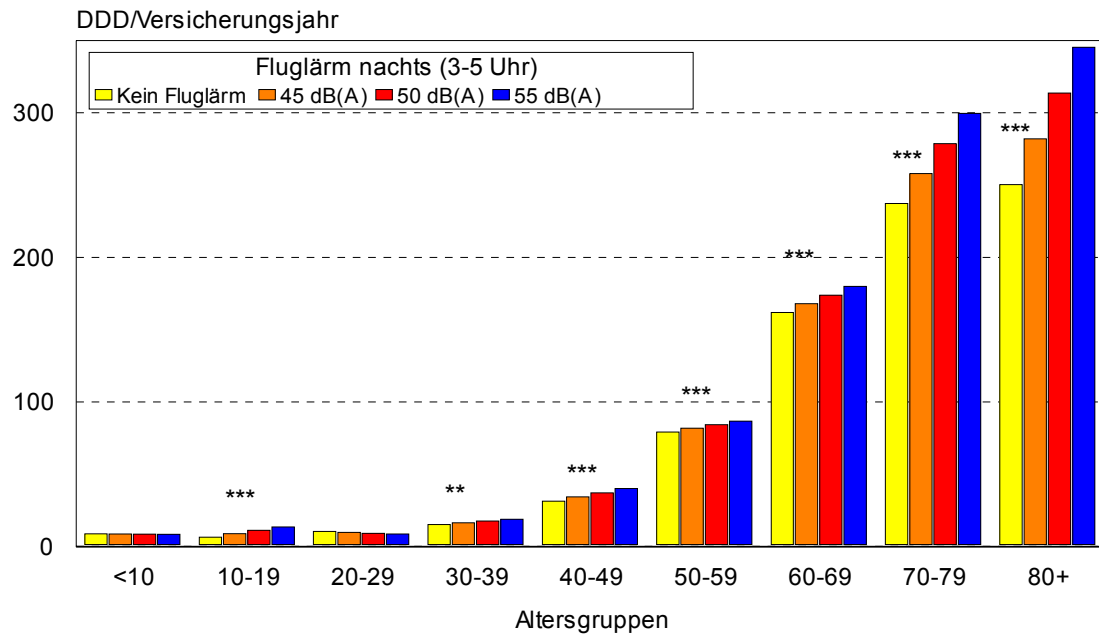


Abbildung 18. Verordnung von Tranquillizern, Sedativa, Hypnotika bei Männern

Nächtlicher Strassenverkehrslärm (22-6 Uhr): 50 dB(A) / Kein Schienenlärm

Sozialhilfe-Häufigkeit: 4.4% / Altenheim-Plätze 9.2%o / Interaktionsterm Fluglärm\*Sozialhilfe

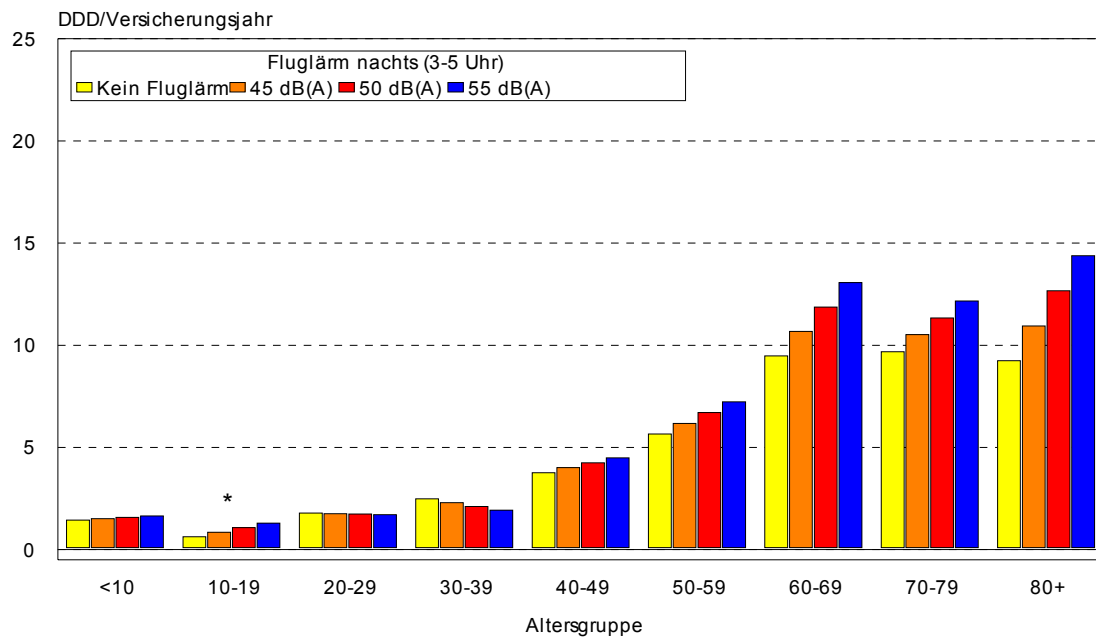
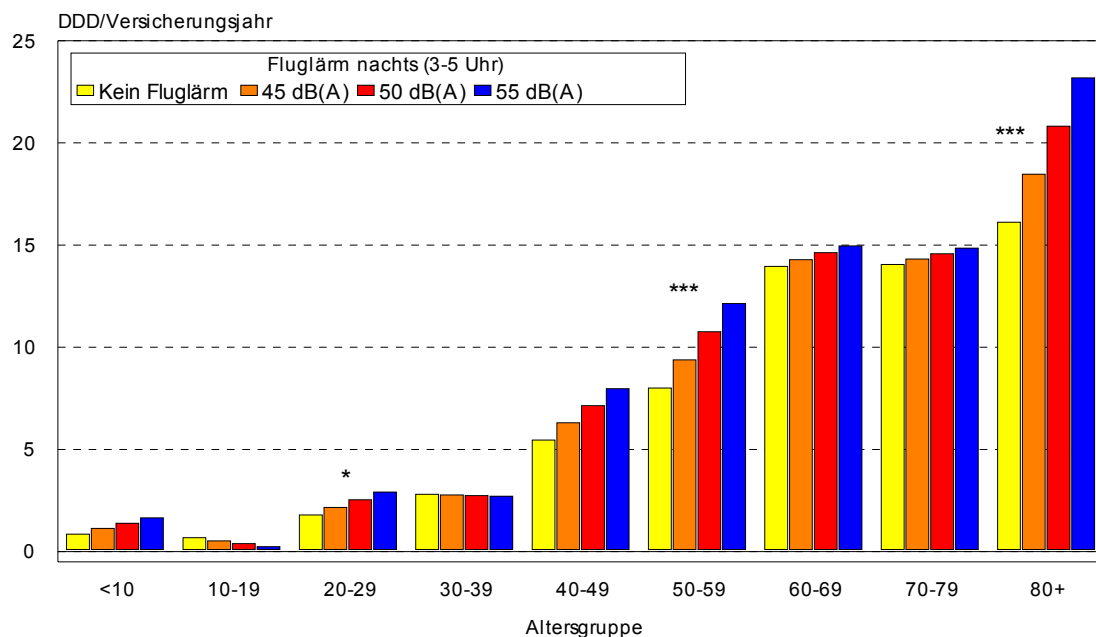


Abbildung 19. Verordnung von Tranquillizern, Sedativa, Hypnotika bei Frauen

Nächtlicher Strassenverkehrslärm (22-6 Uhr): 50 dB(A) / Kein Schienenlärm

Sozialhilfe-Häufigkeit: 4.4% / Altenheim-Plätze 9.2%o / Interaktionsterm Fluglärm\*Sozialhilfe



Arzneimittel zur Behandlung von Depressionen werden Frauen generell häufiger und in größeren Mengen verordnet als Männern. Dieses zeigen deutlich die Analysen, deren Ergebnisse sich in Abbildungen 20 und 21 finden. Während beim männlichen Geschlecht der mit zunehmendem Fluglärm verbundene Anstieg der Verordnungs-



mengen erst bei den 40-49-Jährigen beginnt, ist beim weiblichen Geschlecht dieser Trend bereits bei den 10-19-Jährigen festzustellen.

Abbildung 20. Verordnung von Antidepressiva bei Männern

Nächtlicher Strassenverkehrslärm (22-6 Uhr): 50 dB(A) / Kein Schienenlärm  
 Sozialhilfe-Häufigkeit: 4.4% / Altenheim-Plätze 9.2%o / Interaktionsterm Fluglärm\*Sozialhilfe

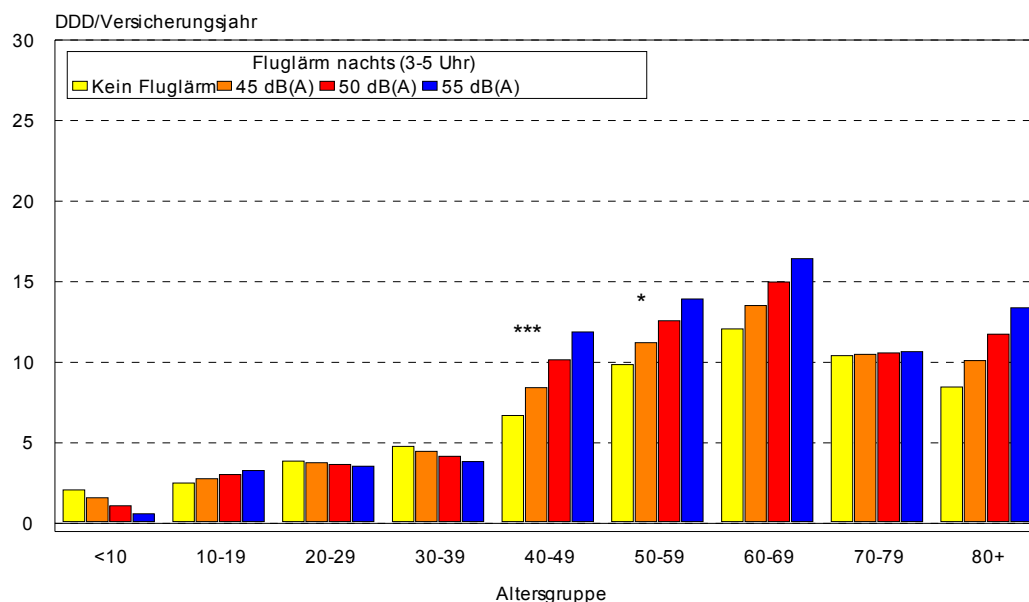
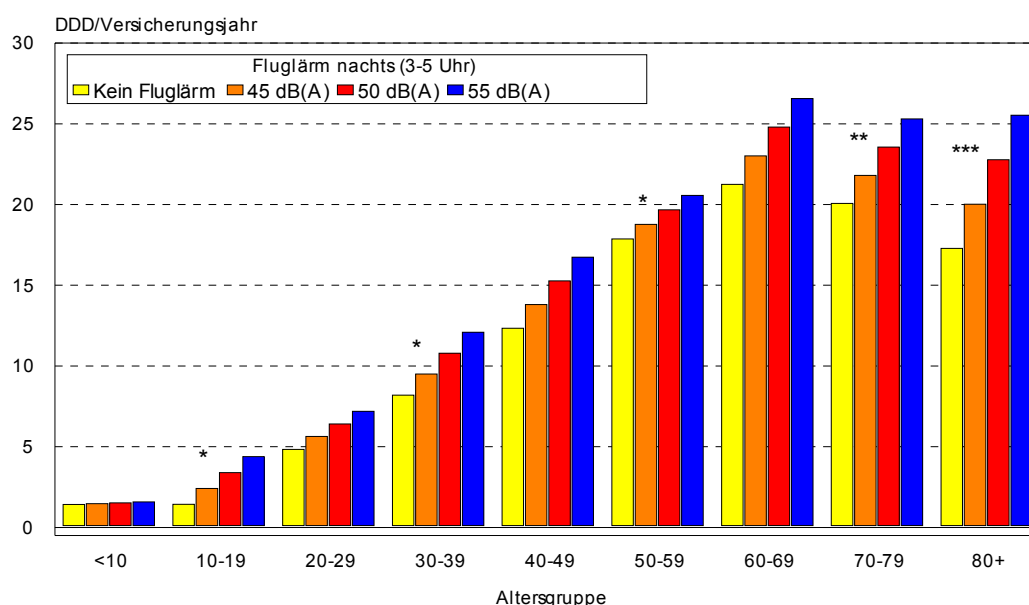


Abbildung 20. Verordnung von Antidepressiva bei Frauen

Nächtlicher Strassenverkehrslärm (22-6 Uhr): 50 dB(A) / Kein Schienenlärm  
 Sozialhilfe-Häufigkeit: 4.4% / Altenheim-Plätze 9.2%o / Interaktionsterm Fluglärm\*Sozialhilfe



Bei den Arzneimitteln zur Behandlung von Herz- und Kreislauferkrankungen (Cardia-  
 ca) zeigen sich mehrere Auffälligkeiten. Bei beiden Geschlechtern finden sich relativ  
 hohe Verordnungsmengen im ersten Lebensjahrzehnt. Vergleichbar auffällige Werte

zeigten bereits die deskriptiven Analysen (s. Tabelle 2). Die Ergebnisse der multiplen Regressionen deuten darauf hin, dass mit zunehmender Fluglärmintensität das Verordnungsvolumen ansteigt. Diese Anstiege sind mit zunehmendem Alter deutlich steiler. Dabei findet sich dieser Trend beim männlichen Geschlecht bereits ab dem 60. Lebensjahr, während er bei Frauen erst eine Dekade später deutlich wird.

Abbildung 22. Verordnung von Cardiac bei Männern

Nächtlicher Strassenverkehrslärm (22-6 Uhr): 50 dB(A) / Kein Schienenlärm / Sozialhilfe-Häufigkeit 4.4%  
/ Altenheim-Plätze 9.2%o / Interaktionsterm Fluglärm\*Sozialhilfe

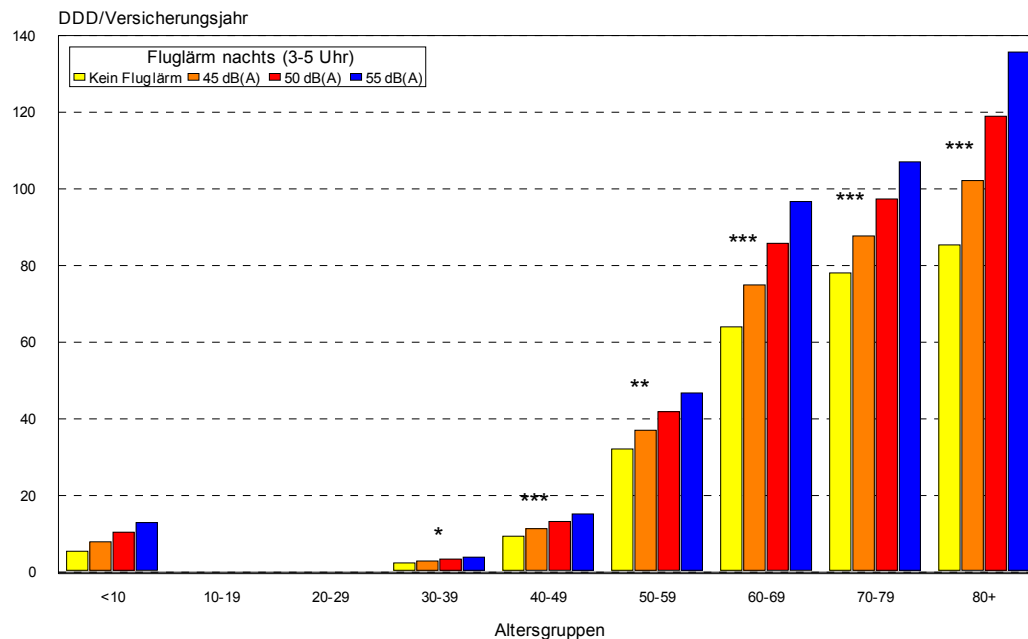
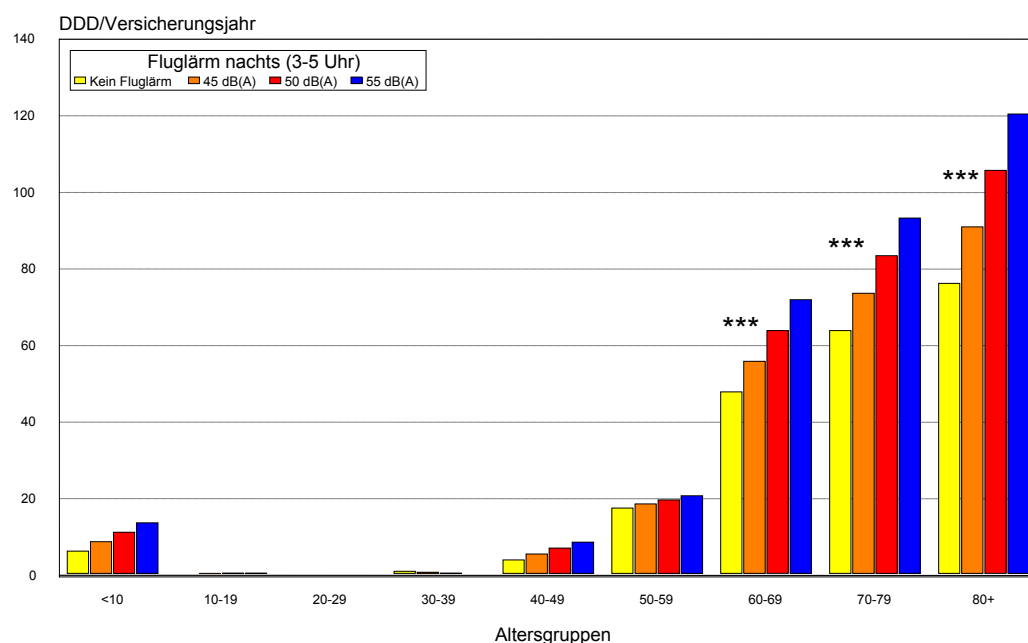


Abbildung 23. Verordnung von Cardiac bei Frauen

Nächtlicher Strassenverkehrslärm (22-6 Uhr): 50 dB(A) / Kein Schienenlärm / Sozialhilfe-Häufigkeit 4.4%  
/ Altenheim-Plätze 9.2%o / Interaktionsterm Fluglärm\*Sozialhilfe



### 3.7 Einfluss von Lärmschutzmöglichkeiten auf die Verordnungsmenge

Die Flughafen Köln/Bonn GmbH hat Flughafen-Anwohnern in ausgewählten Regionen die Möglichkeit geboten, die Ausstattung mit baulichen Lärmschutzmassnahmen finanziell zu unterstützen. Für die vorliegende Studie sind Analysen durchgeführt worden, die das Verordnungsvolumen in Abhängigkeit vom Fluglärm und der Möglichkeit von Lärmschutzmassnahmen darstellen. Da die Finanzierung der Lärmschutzmassnahmen ausschließlich die Lärmdämmung von Schlafzimmern zuließ, wären Effekte vor allem bei solchen Arzneimitteln zu erwarten gewesen, die zur Linderung von Schlafstörungen verordnet werden

Wie die Abbildungen 24 und 25 ausweisen, ist bei denjenigen Versicherten, die Anträge zur Finanzierung von Lärmschutzmassnahmen stellen durften, die verordnete Menge von Tranquillizern und vergleichbaren Arzneimitteln deutlich geringer als bei Versicherten, die bei vergleichbarer Fluglärmbelastung in der zweiten Nachthälfte diese Möglichkeiten nicht hatten.

Abbildung 24. Lärmschutz-Möglichkeit und Verordnung von Tranquillizern etc. bei Männern  
Nächtlicher Strassenverkehrslärm (22-6 Uhr): 50 dB(A) / Kein Schienenlärm  
Sozialhilfe-Häufigkeit: 4.4% / Altenheim-Plätze 9.2% / Interaktionsterm Sozialhilfe\*Fluglärm

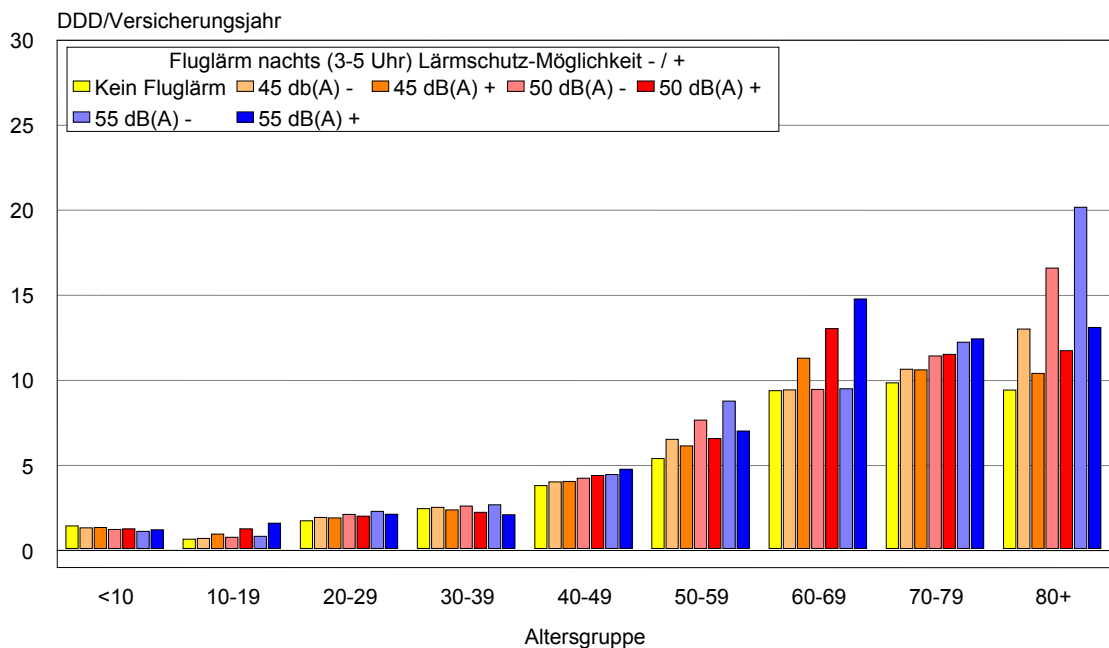
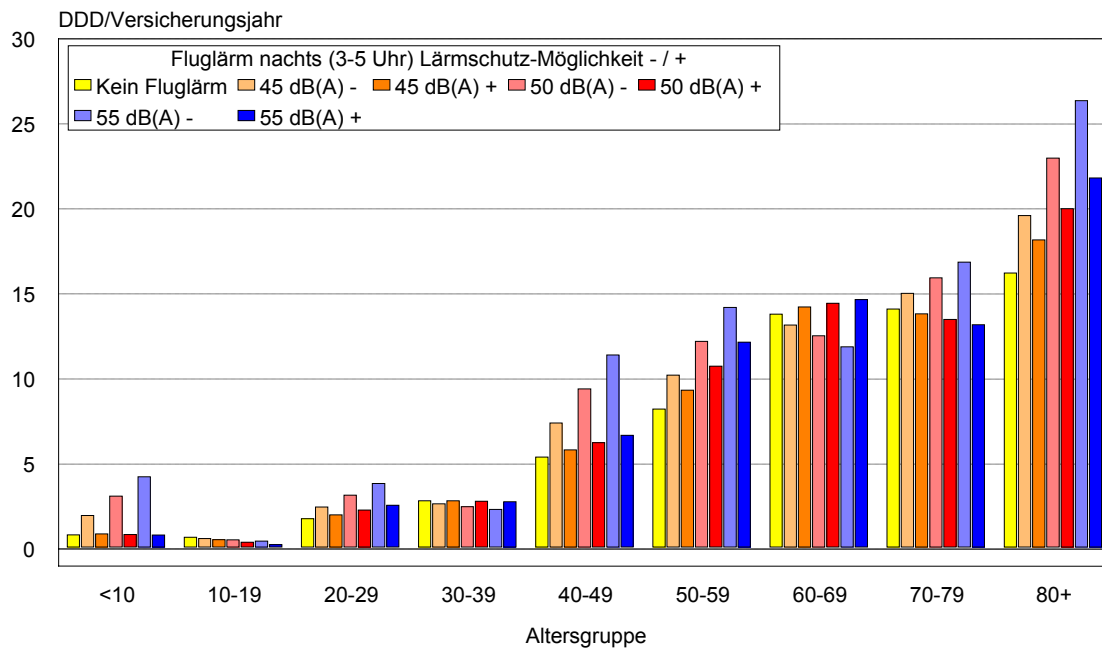


Abbildung 25. Lärmschutz-Möglichkeit und Verordnung von Tranquillizern etc. bei Frauen  
 Nächtlicher Strassenverkehrslärm (22-6 Uhr): 50 dB(A) / Kein Schienenlärm  
 Sozialhilfe-Häufigkeit: 4.4% / Altenheim-Plätze 9.2‰ / Interaktionsterm Sozialhilfe\*Fluglärm



Die Ergebnisse zeigen, dass bei Frauen – ausgenommen die Altersgruppe der 60-69-jährigen – für Versicherte mit Lärmschutzmöglichkeit deutlich weniger Tranquillizer und vergleichbar wirkende Arzneimittel verordnet wurden als für Versicherte ohne diese Möglichkeit. Bei Männern findet sich auf einem insgesamt niedrigeren Verordnungsvolumen ein Vergleichbarer Effekt lediglich in der Altersgruppe der 50-59-jährigen und der über 79-jährigen.

Bei der Verordnung von blutdrucksenkenden Arzneimitteln (Abbildungen 25 und 26) finden sich für Männer ab dem sechsten Lebensjahrzehnt niedrigere Verordnungsmengen in Regionen mit Lärmschutzmöglichkeit, wenngleich der Unterschied zu Regionen ohne Lärmschutzmöglichkeit deutlich geringer ausfällt als bei den Tranquillizern. Bei Frauen ist ein vergleichbarer Effekt nur bei den 70-79-jährigen sichtbar.

Abbildung 26. Lärmschutz-Möglichkeit und Verordnung von Antihypertensiva bei Männern  
 Nächtlicher Strassenverkehrslärm (22-6 Uhr): 50 dB(A) / Kein Schienenlärm  
 Sozialhilfe-Häufigkeit: 4.4% / Altenheim-Plätze 9.2‰ / Interaktionsterm Sozialhilfe\*Fluglärm

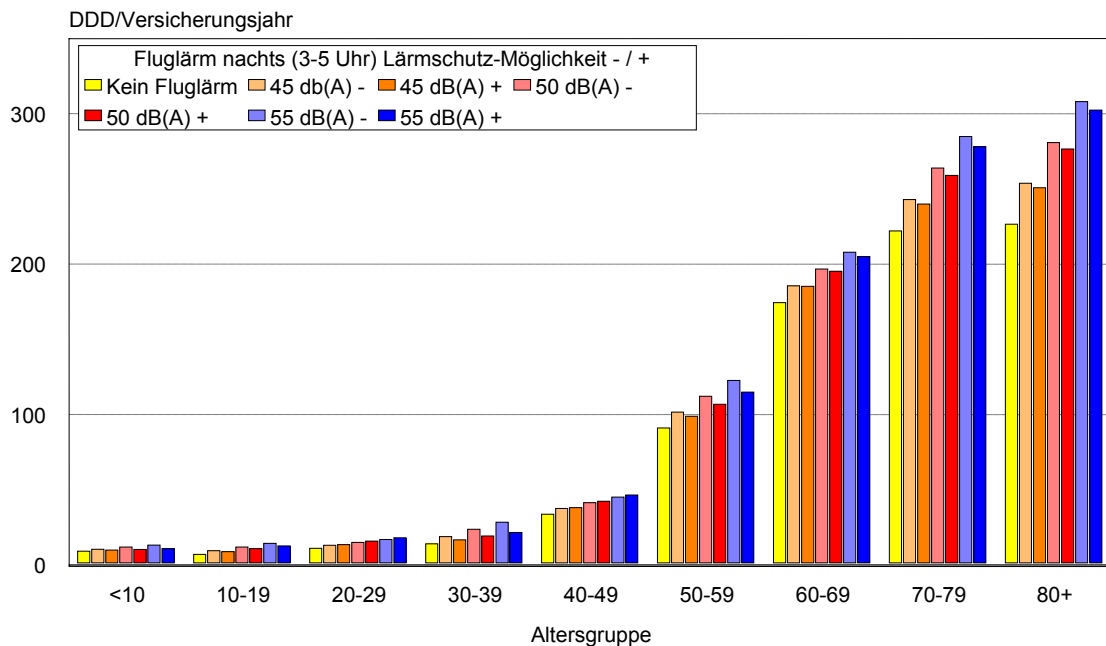
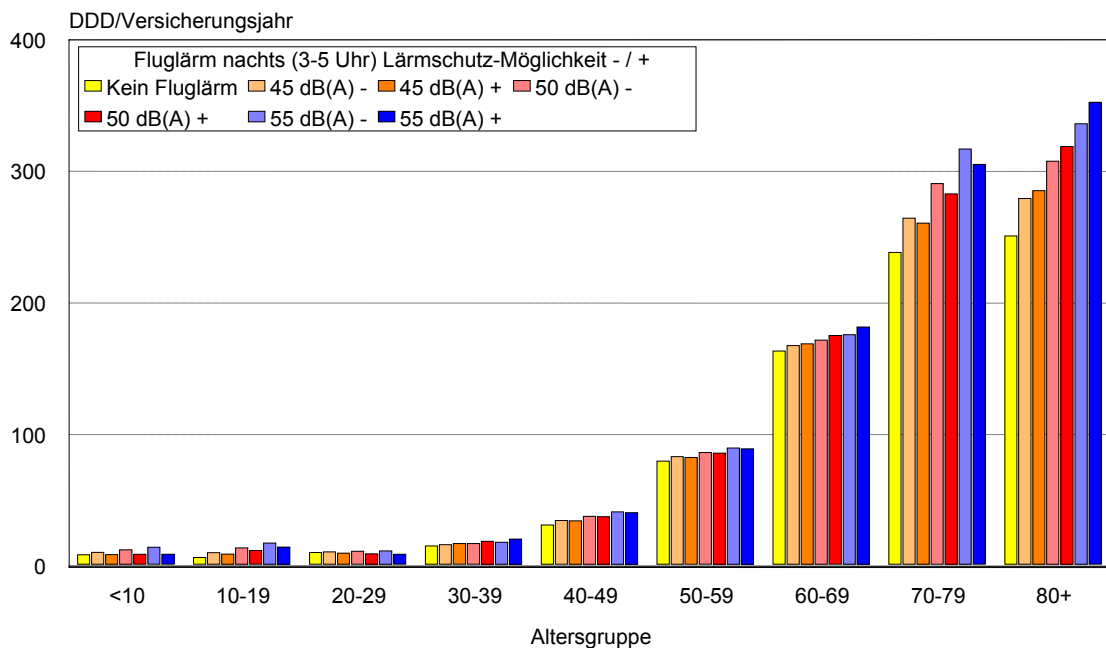


Abbildung 27. Lärmschutz-Möglichkeit und Verordnung von Antihypertensiva bei Frauen  
 Nächtlicher Strassenverkehrslärm (22-6 Uhr): 50 dB(A) / Kein Schienenlärm  
 Sozialhilfe-Häufigkeit: 4.4% / Altenheim-Plätze 9.2‰ / Interaktionsterm Sozialhilfe\*Fluglärm



Da auf Individualebene unbekannt ist, ob – bei Vorliegen des Anspruchs auf baulichen Schallschutz – diese Maßnahmen auch durchgeführt wurden, sind die Vergleiche zwischen den beiden Gruppen insofern fehlerbehaftet, als die Gruppe derjenigen, die tatsächlich Schallschutzmaßnahme durchgeführt haben kleiner sein dürfte

als die Gruppe der insgesamt Anspruchsberechtigten. Die Gruppe der Nichtanspruchsberechtigten ist hiervon natürlich nicht betroffen. Als Konsequenz ergibt sich daraus, dass der positive Effekt des baulichen Schallschutzes bei exakter Gruppenbildung eher größer ausfallen dürfte als kleiner.

## 4. Diskussion

### Limitationen der Studie

Die vorliegende Studie hat einige inhärente Limitierungen, die bei der Diskussion der vorgefundenen Effekte berücksichtigt werden müssen:

- Die für die Analysen herangezogenen Lärmparameter sind berechnete Werte, die im Bereich unterhalb 45 dB(A) Unschärfen aufweisen.
- Es war unbekannt, wie lange die einzelnen Versicherten tatsächlich an der Wohnanschrift gewohnt hatten, unter der sie bei den Krankenkassen geführt wurden. Es muss angenommen werden, dass die Expositionszeit bei chronischen Wirkungen eine erhebliche Rolle spielen könnte.
- Für die Indikationsstellung zur Verordnung der analysierten Gruppen von Arzneimitteln und damit für die den Verordnungen zugrunde liegenden Erkrankungen sind eine Vielzahl von etablierten Risikofaktoren identifiziert worden. Diese umfassen z.B. für kardiovaskuläre Erkrankungen unter anderem Fettstoffwechselstörungen, Rauchen, körperliche Inaktivität, Diabetes mellitus. Wollte man jedoch die vorgefundenen Effekte durch diese Risikofaktoren erklären, müsste angenommen werden, dass diese Risikofaktoren in der Bevölkerung einen Gradienten aufweisen, der z.B. dem Gradienten nächtlichen Fluglärms in der Zeit zwischen 3 und 5 Uhr folgte.
- Als Indikator für den Sozialstatus der Versicherten stand lediglich eine Aggregat-Variable, nämlich die Sozialhilfe-Häufigkeit des Stadt- bzw. Ortsteils zur Verfügung. Allerdings kann davon ausgegangen werden, dass diese Proxy-Variable den Sozialstatus der Versicherten für die durchgeführten Analysen hinreichend genau beschreibt. Diese Annahme wird durch Ergebnisse einer Untersuchung gestützt, die von K. Berger und Mitarbeitern, Institut für Epidemiologie und Sozialmedizin der Universität Münster, an einer repräsentativen Stichprobe von 1.312 Einwohnern der Stadt Dortmund durchgeführt wurde. In dieser Querschnittsstudie wurde eine Reihe von individuellen Indikatoren für den sozialen Status einer regionalen Aggregatvariablen (Arbeitslosigkeit im Wahlbezirk, zu dem die Wohnung des Probanden gehörte) gegenüber gestellt. Abbildung 27 zeigt, dass die Arbeitslosigkeits-Häufigkeit im Wohnumfeld gut mit den individuell erhobenen Sozialschicht-Indikatoren übereinstimmt.

Abbildung 28. Aus einem Vortrag von K. Berger und Koautoren: „Der Einfluss sozialer Ungleichheit im Wohnumfeld auf die Prävalenz kardiovaskulärer Risikofaktoren“, gehalten auf der 1. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Epidemiologie, Greifswald 20.9.2006 (mit freundlicher Genehmigung des Erstautors).



*Dortmunder Gesundheitsstudie*

### Individuelle soziale Faktoren in Abhängigkeit des Sozialindikators *Arbeitslosigkeit* im Wohnumfeld

*Probandenmerkmale: Soziale Faktoren (%)*

Arbeitslosigkeit im Wohnumfeld	Arbeits- losigkeit	Sozial- hilfe	Unter- schicht	Haushalts- einkommen ≤ 2000 €/ M.	qm Wohn- fläche/ Person
5,0- 8,9 %	1,6	0,8	2,5	27,8	45,0
9,0-11,9 %	4,6	0,5	5,4	35,1	44,2
12,0-15,9 %	5,5	0,6	8,8	49,1	40,0
16,0-19,9 %	6,3	1,3	11,0	52,3	40,0
20 + %	10,9*	1,7	21,1*	49,4*	35,0*

\* p(trend) ≤ 0,05 nach Adjustierung für Probandenalter und -geschlecht

Die Gradienten der Arzneiverordnungen (Jemals-Verordnungen und Verordnungsmenge), die sich für alle Kombinationen mit kardiovaskulär wirksamen Arzneimittelgruppen zeigten, (s. Tabellen 13-15) sind als statistische Zufallseffekte keinesfalls zu erklären.

- Die Studie beruht auf Daten kooperierender gesetzlicher Krankenkassen. Es muss davon ausgegangen werden, dass gegenwärtig ca. 10% der deutschen Bevölkerung einer privaten Krankenversicherung angehören. Von diesen Personen muss angenommen werden, dass sie einen höheren Sozialstatus aufweisen als die deutsche Durchschnittsbevölkerung. Es erscheint jedoch unwahrscheinlich, dass mögliche Lärmwirkungen in einer oberen Sozialschicht nicht in vergleichbarer Weise auftreten könnten wie in niedrigeren Sozialschichten.
- Als Effektvariable sind Arzneiverordnungen gewählt worden. Arzneiverordnungen haben nicht die gleiche Validität wie Inzidenzdaten eines Krankheits-



registers. Es ist z.B. bei der Verordnung von Antihypertensiva davon auszugehen, dass sie lediglich einen Teil der vorhandenen Inzidenz bzw. Prävalenz des Bluthochdrucks in der Bevölkerung abbilden, da

- ein erheblicher Anteil von Hypertonikern unentdeckt ist;
- ein weiterer, nicht unerheblicher Teil von Hypertonikern zwar entdeckt ist, jedoch nicht mit Antihypertensiva behandelt wird;
- Frauen generell eine höhere Entdeckungsrate und höhere Behandlungsrate aufweisen als Männer.

Dieses bedeutet, dass die gefundenen Effekte möglicherweise lediglich Minimalschätzungen darstellen.

## **Validität der Studie**

Diesen Limitationen steht eine Reihe von positiven Charakteristika der durchgeführten Studie gegenüber.

- a) Die Studie basiert ausschließlich auf objektiven Daten. Damit werden alle Verzerrungen, die allen epidemiologischen Studien innewohnen, die sich auch auf Befragungen stützen müssen, vermieden.
- b) Die Problematik unzureichender Response-Raten, die die epidemiologische Feldarbeit in den vergangenen Jahren zunehmend belastet, ist für die vorliegende Studie nicht existent. Die Verlustrate von knapp über 7% aller Versicherten, die durch technische Probleme ungenauer Anschriften bzw. Verschneidungsprobleme beim Linkage zwischen geokodierten Lärmparametern und Anschriften hervorgerufen wurde, weist mit Sicherheit nicht die Charakteristik eines Response-Bias in epidemiologischen Studien auf. Ein solcher Bias kann bei Responseraten unter 60% ein erhebliches Ungleichgewicht hinsichtlich Sozialstatus mit sich bringen. Dieses kann im Falle geringerer Responseraten bei Kontrollpersonen in einer Fall-Kontroll-Studie zu einer Überschätzung von Odds Ratios führen. Es ist nicht vorstellbar, dass für die vorliegende Studie die Verlustrate in irgendeiner Weise sich differentiell auf die ermittelten Odds Ratios ausgewirkt haben könnte.
- c) Die Studie umfasst über 42% der Gesamtbevölkerung der Studienregion und deckt ein breites Spektrum gesetzlicher Krankenkassen ab. Damit ist eine Verallgemeinerungsfähigkeit für die Gesamtbevölkerung

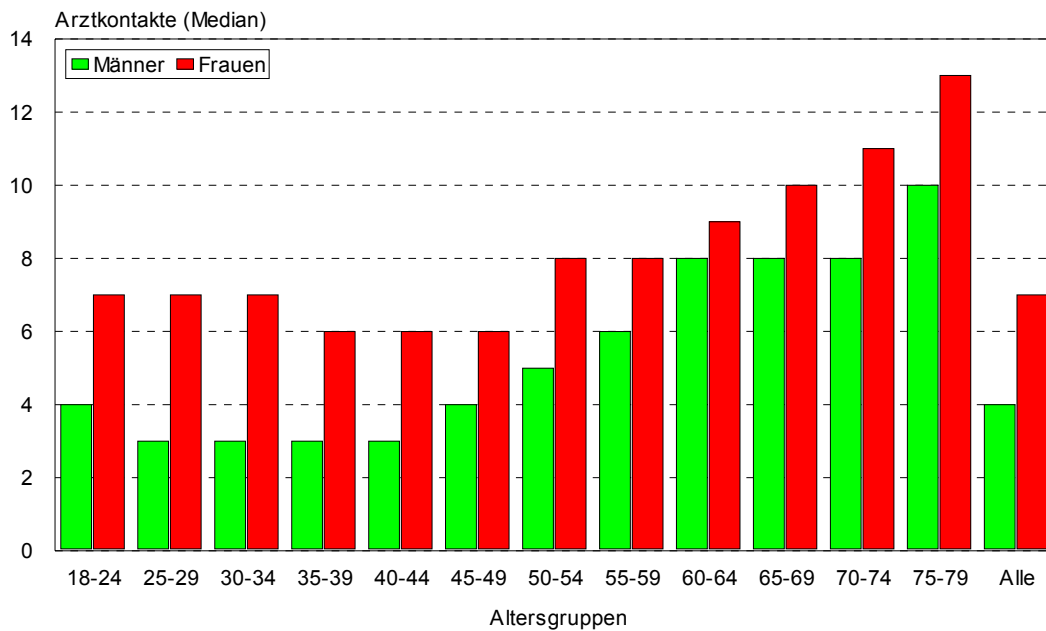
der Studienregion – mit Ausschluss der bei privaten Krankenkassen Versicherten – gegeben.

- d) Die Studie umfasst beide Geschlechter und sämtliche Altersgruppen. Damit ist sie in ihrer Aussagefähigkeit sowohl kleinen experimentellen Studien, wie z.B. der Schlafstudie des Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin der DLR (Basner et al., 2004) überlegen. Sie kann darüber hinaus auch Aussagen machen zu jungen, sowie alten und sehr alten Versicherten. Selbst in sorgfältig geplanten und durchgeführten epidemiologischen Studien wird aus logistischen Gründen in der Regel darauf verzichtet, Personen mit einem Alter von über 75 Jahren einzubeziehen.

Die Ergebnisse weisen eine hohe innere Validität auf. Dieses zeigt sich an mehreren Befunden.

- Insgesamt finden sich bei Frauen in allen Kategorien größere Effekte als bei Männern. Dieser Befund darf nicht ohne Weiteres als Beleg dafür interpretiert werden, dass Frauen auf Fluglärm sensibler reagierten als Männer. Vielmehr muss davon ausgegangen werden, dass Frauen im Mittel eine deutlich höhere Anzahl von Arztkontakten aufweisen als Männer und damit die Wahrscheinlichkeit für eine Diagnosestellung und für die Verordnung eines Arzneimittels bei ihnen größer ist als bei Männern. Eigene Auswertungen der Daten des im Jahre 1998 vom Robert-Koch-Institut durchgeführten letzten Nationalen Untersuchungs-Surveys belegen dieses deutlich. Fasst man Kontakte mit Ärzten aller Fachdisziplinen außer Zahnärzten zusammen, zeigen sich in allen Altersgruppen bei Frauen deutlich höhere Kontaktraten als bei Männern (Abbildung 29).

Abbildung 29. Anzahl der Arztkontakte innerhalb von 12 Monaten (Alle Ärzte ohne Zahnärzte)  
Nationaler Untersuchungs-Survey 1998 (N = 7.124)



- Für die Verordnung von Antihypertensiva finden sich bei Frauen für jeden analysierten Parameter größere Effekte als bei Männern. Ein solches Ergebnis wäre zu erwarten gewesen, wenn man die Prävalenz des Bluthochdrucks und den Anteil von Hypertonikern mit Behandlung mit blutdrucksenkenden Arzneimitteln in Deutschland betrachtet. Die Daten des deutschen Nationalen Untersuchungs-Surveys 1998 weisen für Frauen eine Prävalenz des Bluthochdrucks von 44,4% aus (Männer: 53,0%). Dabei finden sich für Männer erhöhte Prävalenzen in fast allen Altersgruppen (Abbildung 30).

Eine Analyse des Bekanntheitsgrades der eigenen Hypertonie (Abbildung 31) weist bei Frauen in praktisch allen Altersgruppen höhere Prozentwerte auf als bei Männern, ein Befund der unmittelbar mit den höheren Arztkontaktraten der Frauen korreliert. In vergleichbarer Weise findet sich bei Frauen in allen Altersgruppen ein deutlich höherer Prozentsatz medikamentös behandelter Hypertonikerinnen (Abbildung 32).

Abbildung 30. Prävalenz der Hypertonie (syst.>138 / diast. > 88 / antihypertensive Therapie)  
Nationaler Untersuchungs-Survey 1998 (N = 7.124)

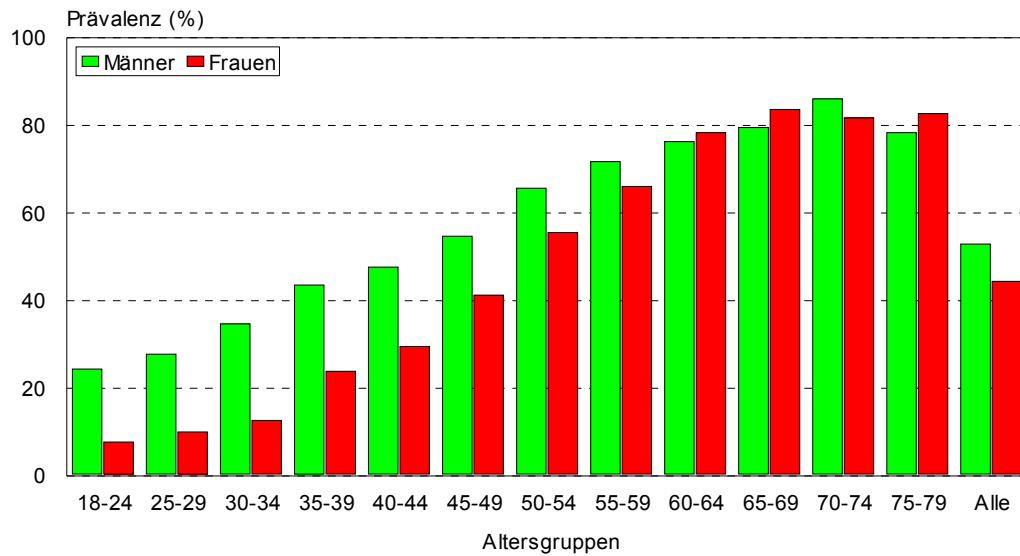
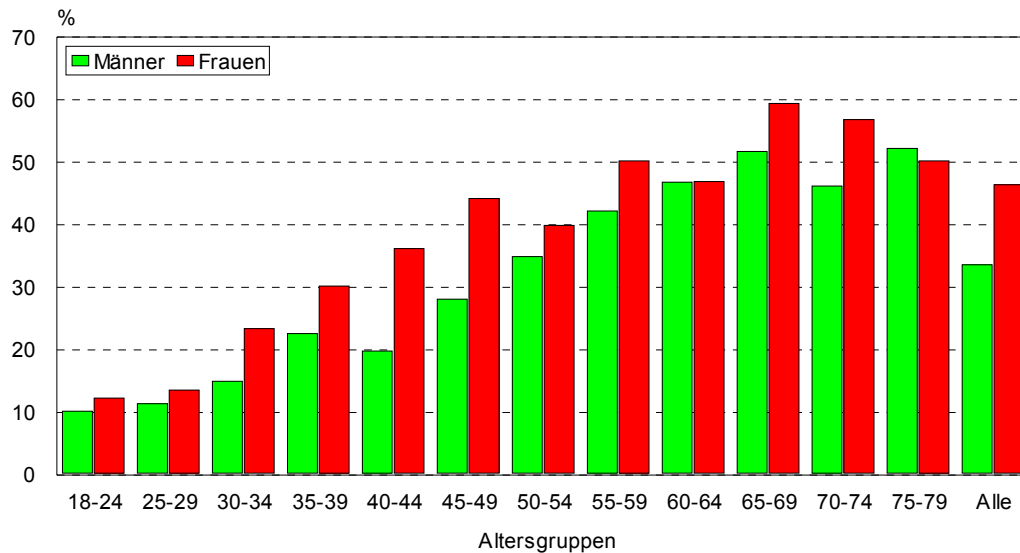
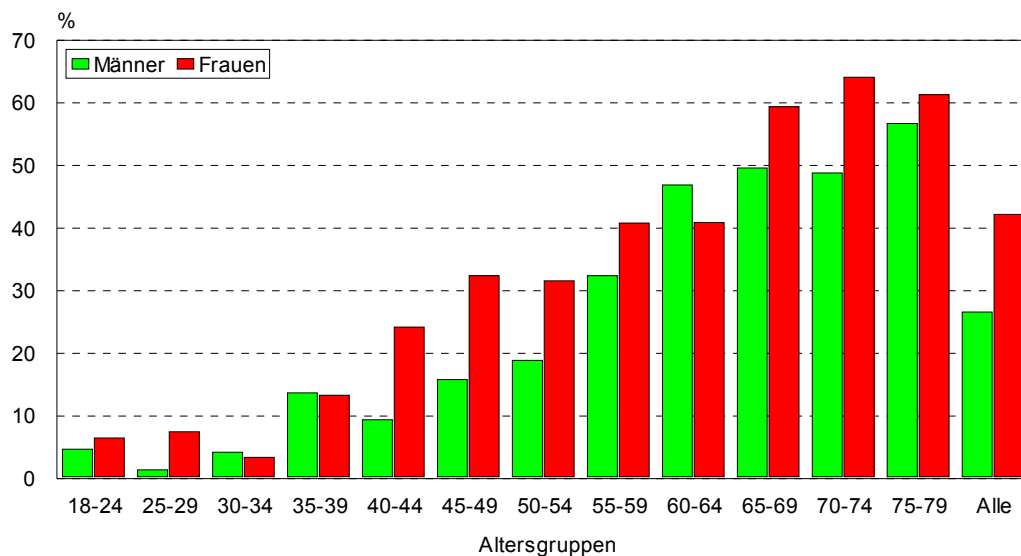


Abbildung 31. Bekanntheitsgrad der eigenen Hypertonie  
Nationaler Untersuchungs-Survey 1998



Die Erhöhung der Behandlungsprävalenz (Jemals-Verordnung) beträgt für den Zeitraum nächtlichen Fluglärms zwischen 3.00 und 5.00 Uhr bei Männern 10.1% und bei Frauen 32.6% (Tabelle 3). Die Verordnungsmengen steigen bei Frauen in den höchsten Altersstufen mit zunehmendem Fluglärmpegel auf höherem Niveau deutlich steiler an als bei Männern vergleichbarer Altersgruppen (s.a. Abbildungen 16 und 17).

Abbildung 32. Häufigkeit der Arzneitherapie bei Hypertonikern  
(syst.>138, diast. >88 oder antihypertensive Therapie)  
Nationaler Untersuchungs-Survey 1998



Die vorgefundenen Geschlechtsunterschiede lassen sich in zweifacher Hinsicht interpretieren:

- Frauen reagieren auf Fluglärm stärker als Männer.
- Männer reagieren auf Fluglärm in vergleichbarer Weise wie Frauen, erhalten jedoch wegen geringerer Arztkontakt-Häufigkeit seltener eine Arzneitherapie.

- Tranquillizer, Sedativa und Hypnotika werden nach den Analysen der vorliegenden Studie für Frauen deutlich häufiger und in größeren Mengen verordnet als für Männer. Für sämtliche Altersgruppen (Tabelle 2) ist die Verordnungshäufigkeit bei Frauen mit 10.1% um 53% höher als beim männlichen Geschlecht. Die Verordnungsprävalenz steigt unter dem Einfluss nächtlichen Fluglärms bei Männern lediglich bei Betrachtung der gesamten Nacht (22.00 – 6.00 Uhr) signifikant an (Tabelle 16), während sich für Frauen in allen Zeitfenstern des Fluglärms signifikante Erhöhungen größeren Ausmaßes finden. Entsprechende Unterschiede finden sich bei den Verordnungsmengen unter dem Einfluss nächtlichen Fluglärms zwischen 3.00 und 5.00 Uhr (Abbildungen 18 und 19). Vergleichbare Geschlechtsunterschiede sind von Hoffmann anhand von Daten der Gmünder Ersatzkasse für das Jahr 2004 beschrieben worden (Hoffmann 2005).

- Für Antidepressiva weisen die Daten der Gmünder Ersatzkasse für das Kalenderjahr 2005 bei Männern eine Verordnungshäufigkeit von 3.0% auf, für Frauen von 5.6% (Janhsen 2006). Diese Werte kontrastieren zu den in dieser Studie gefundenen von 6.4% und 11.0%. Allerdings zeigen auch die Daten dieser Ersatzkasse die weitaus höheren Prävalenzen für Frauen.
- Die Analysen für diejenigen Versicherten, die Arzneimittel aus mehr als einer Arzneimittelgruppe verordnet bekommen haben, weisen für die Kombinationen von kardiovaskulär wirksamen Arzneimitteln untereinander (Antihypertensiva & Cardia; diese in Kombination mit zentral dämpfenden Arzneimitteln bzw. mit Arzneimitteln aus der Gruppe der „restlichen“ Arzneimittel) jeweils höhere Risiken unter dem Einfluss von Fluglärm aus als für die einzelnen Arzneimittelgruppen. Die höchsten Odds Ratios erreichen hier Werte über 3.0 (s. Tabellen 4, 13, 14; Abbildung 17). Würde man von statistischen Zufallseffekten ausgehen, müssten unter dem Einfluss von Fluglärm sowohl Erhöhungen als auch Erniedrigungen der Verordnungsprävalenz zu beobachten sein. Keinesfalls wäre jedoch mit der Annahme statistischer Zufallseffekte eine Erhöhung der Risikoparameter über die Größe der Einzelkomponenten bei Kombination verschiedener Arzneimittelgruppen zu rechnen.

Der hier beobachtete Effekt lässt sich zwanglos aus der klinischen Erfahrung erklären, dass ältere Patienten häufig wegen verbreiteter Multimorbidität Arzneimittel aus verschiedenen Arzneimittelgruppen verordnet bekommen müssen und dass allgemein Patienten mit chronischen Erkrankungen sehr viel schneller auf Störungen des Nachtschlafs reagieren als altersvergleichbare, aber gesunde Personen.

### **Effektmodifikation durch zeitliches Auftreten von Fluglärm**

Die Belastung durch unterschiedliche Dauerschallpegel des Fluglärms ist für vier Zeitscheiben analysiert worden. Dabei zeigen sich die stärksten Effekte für die Zeitscheibe zwischen 3.00 und 5.00 Uhr. Dieser Befund wird deutlich, wenn man die Odds Ratios für einzelne Arzneimittelgruppen nach Zeitscheiben zusammenfasst (Tabelle 21). Allerdings ist bei der Interpretation zu beachten, dass sich die für die einzelnen Zeitscheiben ermittelten Effekte nicht unmittelbar vergleichen lassen, weil die während dieser Zeitscheiben dem Fluglärm exponierten Populationen nur partiell

identisch sind, wie sich aus den Abbildungen 5 bis 7 ergibt. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass in der Regel die Exposition während einer Zeitscheibe auch eine Exposition in anderen Zeitscheiben bedeutet.

Tabelle 21-1. Fluglärm-Effekte für Arzneimittelgruppen nach Zeitscheiben  
(Odds Ratios und 95%-Konfidenzintervalle, unterstrichen jeweils die beobachteten Maximaleffekte)

	Männer		Frauen	
Arzneimittel-Gruppe / Zeitscheibe	Global-Effekt	Effekte oberhalb des Medianwertes	Global-Effekt	Effekte oberhalb des Medianwertes
Antihypertensiva				
3-5 Uhr	1.101 (1.041 - 1.165)	<u>1.242 (1.081 - 1.428)</u>	1.326 (1.265 - 1.391)	<u>1.663 (1.480 - 1.867)</u>
23-1 Uhr	1.127 (1.067 - 1.191)	1.123 (1.038 - 1.215)	1.354 (1.290 - 1.421)	1.473 (1.373 - 1.581)
22-6 Uhr	<u>1.162 (1.102 - 1.226)</u>	0.998 (0.927 - 1.074)	<u>1.394 (1.331 - 1.461)</u>	1.319 (1.234 - 1.409)
6-22 Uhr	1.015 (0.945 - 1.091)	1.016 (0.923 - 1.119)	1.254 (1.179 - 1.334)	1.199 (1.099 - 1.308)
Cardiaca				
3-5 Uhr	1.155 (1.066 - 1.250)	<u>1.267 (1.030 - 1.558)</u>	1.386 (1.289 - 1.489)	<u>2.157 (1.794 - 2.594)</u>
23-1 Uhr	1.180 (1.093 - 1.273)	1.102 (0.990 - 1.226)	1.468 (1.368 - 1.576)	1.637 (1.484 - 1.807)
22-6 Uhr	<u>1.268 (1.177 - 1.365)</u>	1.047 (0.947 - 1.159)	<u>1.509 (1.408 - 1.617)</u>	1.498 (1.365 - 1.645)
6-22 Uhr	1.073 (0.968 - 1.189)	1.022 (0.894 - 1.169)	1.291 (1.175 - 1.419)	1.107 (0.977 - 1.255)
Antihypertensiva & Cardiaca				
3-5 Uhr	<u>1.305 (1.043 - 1.632)</u>	<u>1.435 (1.142 - 1.804)</u>	1.592 (1.470 - 1.725)	<u>2.838 (2.307 - 3.491)</u>
23-1 Uhr	1.239 (1.137 - 1.351)	1.193 (1.057 - 1.345)	<u>1.637 (1.511 - 1.773)</u>	2.171 (1.939 - 2.431)
22-6 Uhr	1.268 (1.177 - 1.365)	1.145 (1.021 - 1.283)	1.509 (1.408 - 1.617)	1.974 (1.772 - 2.197)
6-22 Uhr	1.092 (0.972 - 1.226)	1.107 (0.951 - 1.289)	1.445 (1.299 - 1.607)	1.365 (1.181 - 1.578)
Antihypertensiva & Cardiaca & Tranquillizer				
3-5 Uhr	1.305 (1.043 - 1.632)	1.090 (0.618 - 1.922)	1.842 (1.562 - 2.172)	<u>3.114 (2.020 - 4.801)</u>
23-1 Uhr	1.223 (0.990 - 1.511)	<u>1.234 (1.091 - 1.395)</u>	1.912 (1.630 - 2.244)	2.657 (2.153 - 3.279)
22-6 Uhr	<u>1.553 (1.272 - 1.897)</u>	0.989 (0.771 - 1.268)	<u>2.148 (1.839 - 2.509)</u>	2.116 (1.730 - 2.587)
6-22 Uhr	1.110 (0.831 - 1.481)	0.880 (0.628 - 1.235)	1.916 (1.551 - 2.367)	1.931 (1.477 - 2.524)

Tabelle 21-1. Fluglärm-Effekte für Arzneimittelgruppen nach Zeitscheiben (Forts.)

	Männer		Frauen	
Arzneimittel-Gruppe / Zeitscheibe	Global-Effekt	Effekte oberhalb des Medianwertes	Global-Effekt	Effekte oberhalb des Medianwertes
Antihypertensiva & Cardiac & restl. Arzneimittel				
3-5 Uhr	1.250 (1.137 - 1.374)	<u>1.658 (1.289 - 2.131)</u>	1.603 (1.473 - 1.745)	<u>3.272 (2.615 - 4.096)</u>
23-1 Uhr	1.278 (1.168 - 1.398)	1.234 (1.091 - 1.395)	1.629 (1.499 - 1.771)	2.221 (1.980 - 2.492)
22-6 Uhr	<u>1.397 (1.280 - 1.525)</u>	1.175 (1.045 - 1.321)	<u>1.779 (1.640 - 1.929)</u>	2.025 (1.815 - 2.260)
6-22 Uhr	1.103 (0.973 - 1.250)	1.074 (0.918 - 1.257)	1.427 (1.273 - 1.599)	1.354 (1.167 - 1.571)

Tabelle 21-2. Fluglärm-Effekte für Arzneimittelgruppen nach Zeitscheiben  
(Odds Ratios und 95%-Konfidenzintervalle, unterstrichen jeweils die beobachteten Maximaleffekte)

	Männer		Frauen	
Arzneimittel-Gruppe / Zeitscheibe	Global-Effekt	Effekte oberhalb des Medianwertes	Global-Effekt	Effekte oberhalb des Medianwertes
Tranquillizer, Sedativa, Hypnotika				
3-5 Uhr	1.032 (0.917 - 1.161)	0.956 (0.715 - 1.279)	1.262 (1.158 - 1.374)	<u>1.353 (1.095 - 1.670)</u>
23-1 Uhr	1.078 (0.966 - 1.204)	1.015 (0.891 - 1.157)	1.196 (1.100 - 1.302)	1.311 (1.177 - 1.459)
22-6 Uhr	<u>1.123 (1.009 - 1.250)</u>	0.883 (0.781 - 0.999)	<u>1.394 (1.331 - 1.461)</u>	1.115 (1.008 - 1.235)
6-22 Uhr	1.002 (0.866 - 1.159)	0.783 (0.662 - 0.926)	1.328 (1.194 - 1.476)	1.168 (1.022 - 1.334)
Antidepressiva				
3-5 Uhr	0.953 (0.848 - 1.071)	0.784 (0.586 - 1.050)	1.073 (0.991 - 1.162)	1.174 (0.970 - 1.421)
23-1 Uhr	<u>1.157 (1.042 - 1.285)</u>	1.120 (0.980 - 1.279)	<u>1.181 (1.093 - 1.275)</u>	<u>1.257 (1.137 - 1.390)</u>
22-6 Uhr	1.010 (0.909 - 1.123)	0.967 (0.854 - 1.095)	1.159 (1.075 - 1.250)	1.097 (0.998 - 1.206)
6-22 Uhr	0.977 (0.847 - 1.127)	0.927 (0.786 - 1.093)	1.155 (1.046 - 1.275)	1.140 (1.007 - 1.290)

Nichtsdestoweniger ist es als wahrscheinlich anzusehen, dass die um den Flughafen Köln-Bonn in der zweiten Nachthälfte auftretende Belastung mit Fluglärm stärkere Effekte auslöst als Fluglärm zu anderen Zeiten.



Tabelle 21-2. Fluglärm-Effekte für Arzneimittelgruppen nach Zeitscheiben (Forts.)

	Männer		Frauen	
Arzneimittel-Gruppe / Zeitscheibe	Global-Effekt	Effekte oberhalb des Medianwertes	Global-Effekt	Effekte oberhalb des Medianwertes
Gastro-Intestinalia				
3-5 Uhr	1.033 (0.975 - 1.094)	1.021 (0.879 - 1.185)	1.047 (0.994 - 1.102)	1.104 (0.971 - 1.256)
23-1 Uhr	1.106 (1.049 - 1.165)	1.030 (0.967 - 1.097)	<u>1.115 (1.062 - 1.171)</u>	1.082 (1.020 - 1.147)
22-6 Uhr	<u>1.122 (1.065 - 1.182)</u>	0.938 (0.884 - 0.996)	1.095 (1.042 - 1.149)	0.959 (0.907 - 1.013)
6-22 Uhr	1.041 (0.970 - 1.118)	0.893 (0.826 - 0.966)	1.038 (0.973 - 1.108)	0.869 (0.808 - 0.935)
„restliche“ Arzneimittel				
3-5 Uhr	<u>1.061 (1.025 - 1.099)</u>	<u>1.155 (1.056 - 1.263)</u>	1.603 (1.473 - 1.745)	<u>1.202 (1.117 - 1.293)</u>
23-1 Uhr	1.023 (0.990 - 1.058)	1.004 (0.965 - 1.045)	<u>1.629 (1.499 - 1.771)</u>	1.046 (1.006 - 1.086)
22-6 Uhr	1.042 (1.008 - 1.077)	0.964 (0.929 - 1.000)	1.048 (1.017 - 1.079)	1.004 (0.969 - 1.040)
6-22 Uhr	0.920 (0.880 - 0.963)	0.878 (0.836 - 0.922)	0.990 (0.952 - 1.029)	0.944 (0.901 - 0.989)

## Fluglärm und kardiovaskuläre Effekte

Zum Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und gesundheitlichen Auswirkungen, darunter Hypertonie bzw. kardiovaskuläre Erkrankungen, sind eine Vielzahl von Review-Arbeiten und eine Meta-Analyse erschienen.

Besonders intensiv scheint sich der Niederländische Gesundheitsrat mit dieser Problematik auseinandergesetzt zu haben. Im Jahre 1991 (Health Council of the Netherlands, 1991) kommt er noch zu dem Schluss, dass angesichts der multifaktoriellen Genese kardiovaskulärer Erkrankungen kaum erwartet werden könnte, dass epidemiologische Studien einen Zusammenhang zwischen Lärm und Erkrankungsrisiko zu entdecken imstande wären.

Bis zum Jahre 1994 stellt sich für den Gesundheitsrat jedoch die Situation bereits so dar, dass befunden werden kann, dass es geringe wissenschaftliche Evidenz gäbe für den Einfluß von Verkehrslärm am Tage (6 bis 22 Uhr) auf Bluthochdruck und ischaemische Herzkrankheit, soweit der Dauerschallpegel nicht 70 dB(A) überschreite (Health Council of the Netherlands, 1994). Für höhere Dauerschallpegel durch Flugverkehrslärm oder Straßenverkehrslärm wurde damals ein Anstieg für beide Er-

krankungen bejaht, wobei für einen Dauerschall-Pegel zwischen 70 und 80 dB(A) eine Erhöhung des relativen Risikos auf 1.5 angenommen wird.

In einem weiteren Report des Niederländischen Gesundheitsrates aus dem Jahre 1999 wird an dem Grenzwert von 70 dB(A) festgehalten (Health Council of the Netherlands, 1999).

Ortscheid und Wende (2000) kommen zu der Schlussfolgerung, dass angesichts methodischer Mängel die vorliegenden älteren epidemiologischen Arbeiten schwer zu interpretieren seien, nehmen jedoch an, dass für die Schallpegel-Kategorie 65-70 dB(A) durch epidemiologische Studien gesundheitliche Beeinträchtigungen auf Populationsebene nachgewiesen werden könnten. Der Umweltrat hat im Umweltgutachten 2002 dazu festgehalten, „dass die bislang durchgeführten Studien ...keine statistische Signifikanz (erreichen). Trotzdem lassen sie tendenziell ein höheres Risiko für ischämische Herzkrankheiten erkennen.“ (Deutscher Bundestag, 2002)

Stansfeld und Matheson (2003) kommen in Würdigung der vorliegenden Literatur zu dem Schluss, dass eine gewisse Evidenz vorhanden ist, dass Umgebungslärm zum Risiko für Bluthochdruck beitragen kann. Sie sehen auch einen geringen Beitrag des Umgebungslärms zum Herzinfarkt-Risiko.

Van Kempen und Koautoren (2002) können lediglich auf eine geringe Anzahl epidemiologischer Studien zurückgreifen, die den möglichen Einfluss von Fluglärm auf Bluthochdruck, blutdrucksenkende Medikamente bzw. kardiovaskuläre Endpunkte untersucht hatten. Sie kommen zu dem Schluss, dass die vorliegenden Publikationen kompatibel sind mit einer leichten Erhöhung des kardiovaskulären Risikos.

Babisch (2006) empfiehlt angesichts der Defizienz epidemiologischer Studien hinsichtlich kardiovaskulärer Effekte (vor allem: Myokardinfarkt) die aus der Untersuchung der Effekte von Straßenlärm gewonnenen Maßzahlen auf den Fluglärm zu übertragen.

Knipschild (1977a) untersuchte 1974 im Rahmen eines Surveys 5.828 Männer und Frauen (35-64 Jahre alt) in acht Gemeinden um den Amsterdamer Flughafen Schiphol (Response-Rate 42%, bezogen auf sämtliche Einwohner der Region Haarlem-

mermeer) auf kardiovaskuläre Symptome und kardiovaskuläre Therapie. In der Analyse wurden Probanden mit Wohnsitz in weniger bzw. stärker durch Fluglärm belasteten Gemeinden verglichen. Die Kriterien für Bluthochdruck waren mit  $>170$  mm Hg für systolischen bzw.  $> 100$  mm Hg für diastolischen Blutdruck hoch angesetzt. Es fanden sich in allen Altersgruppen in den stärker durch Fluglärm belasteten Gemeinden höhere Prävalenzen von Bluthochdruck (3.9% vs. 6.7%) mit jeweils geringfügig höheren Werten bei Frauen als bei Männern. Die Prävalenz medikamentöser Hochdrucktherapie zeigte jedoch bei Frauen im Vergleich zu Männern überwiegend mehr als doppelt so hohe Prävalenzen mit einem Unterschied von 37% (Frauen) bzw. 66% (Männer) in der höchsten Altersgruppe beim Vergleich der stärker mit den weniger stark belasteten Regionen. Vergleichbare Unterschiede für die Anwendung kardiovaskulär wirksamer Arzneimittel fanden sich lediglich bei Frauen.

Van Brederode (1989, zit. n. van Kempen et al. 2002) untersuchte im Rahmen einer Querschnittstudie 432 Probanden, die dem Fluglärm von Militärflugzeugen ausgesetzt waren ( $<63 \rightarrow 75$  dB(A)) und fand nicht-signifikante Erhöhungen des systolischen und des diastolischen Blutdrucks.

Japanische Forscher (Matsui et al. 2004) untersuchten 1994-1995 an 29.000 Einwohnern der Insel Okinawa, die in Gemeinden in der Nähe von zwei US-amerikanischen Militärbasen lebten, den Einfluss von Fluglärm ( $L_{dn}$  60-65 bis  $L_{dn} >70$  dB) und berichten eine Odds Ratio von 1.4 für den Vergleich der am höchsten exponierten Personengruppe mit Kontrollpersonen (Trend-Test  $p=0.0002$ ). Die Methodik dieser Studie ist jedoch so spärlich beschrieben, dass eine Beurteilung der Qualität nicht möglich ist.

Franssen und Koautoren (2004) untersuchten in den Jahren 1996 und 1997 in einer Querschnitts-Studie 11.812 Probanden (18 Jahre und älter), die in einem Radius von 25 km um den Amsterdamer Flughafen Schiphol lebten (Response-Rate 39.1%). Eine Non-Responder-Analyse zeigte eine Überrepräsentation von weniger durch Fluglärm belasteten und belästigten Personen. Dieser Befund lässt es wahrscheinlich erscheinen, dass alle ermittelten Odds Ratios realiter Unterschätzungen des wahren Risikos darstellen. Die Autoren fanden für die Anwendung von antihypertensiven Arzneimitteln bzw. Arzneimitteln zur Behandlung kardiovaskulärer Erkrankungen in multivariater Analyse eine Odds Ratio von 1.30 (95%-Vertrauensbereich 1.06-1.60) pro 10 dB(A) Anstieg des Fluglärmparameters  $L_{den}$ . Bei einer Analyse des nächtli-

chen Fluglärms (Leq 23.00-7.00 Uhr) sank die Odds Ratio auf 1.13 (95%-Vertrauensbereich 0.94-1.35). Eine Stratifikation des Parameters  $L_{den}$  (<50, 50-55, 55-60,  $\geq 60$ ) zeigte einen deutlichen Trend. Die nach der Beschreibung der Methodik offenkundig exzellente Studie weist keine geschlechtsspezifischen Daten aus.

Rosenlund und Mitautoren (2001; sowie Rosenlund 2005) nutzten für die Ermittlung des Einflusses von Fluglärm auf die Prävalenz von Bluthochdruck Daten des Environmental Health Survey, der im Jahre 1997 im Kreis Stockholm durchgeführt wurde. Aus den Survey-Probanden wurden zwei Stichproben gezogen, die in Antworten von 327 Probanden in der Nähe des Flughafens Stockholmer Flughafens Arlanda resultierten (Response-Rate 71%) und von 3.276 Probanden aus dem Kreis Stockholm (Response-Rate 74%) als Vergleichsregion. Bei der Auswahl der Vergleichsregion waren sowohl die unmittelbare Stadt Stockholm als auch die Region um den Regionalflughafen Bromma ausgespart worden. Das Alter der Probanden reichte von 18 bis 80 Jahren. Bluthochdruck wurde als ärztlich diagnostiziert innerhalb von 5 Jahren vor dem Survey-Datum definiert. Die Ermittlung der Exposition gegenüber Fluglärm erfolgte durch Abgleich der geokodierten Wohnadresse der Probanden mit Isophonen des Fluglärms von 50dB(A) bis >65dB(A) in 5-dB(A)-Schritten. Multivariat adjustierte Odds Ratios ergaben für eine Lärmintensität von > 55 dB(A) einen Wert von 1.59 (95%-Konfidenzintervall 1.00-2.53). Bei der Analyse nach Maximalpegeln ergab sich für Werte von > 72 dB(A) eine Odds Ratio von 1.76 (95-Konfidenzintervall 1.12-2.77). Männer wiesen geringfügig höhere Hypertonie-Prävalenzen auf als Frauen (22% vs. 18% in der Region mit Fluglärm-Werten > 55 dB(A)) mit in gleicherweise höheren Odds Ratios (1.7 vs. 1.4). Effekte waren stärker ausgeprägt bei Probanden über 55 Jahren und bei Probanden ohne Schwerhörigkeit. Eine Schätzung des Trends ergab für einen 5-dB(A)-Zuwachs eine Odds Ratio von 1.30 (95%-Konfidenzintervall 0.78-2.16).

Niemann und Koautoren (2005) berichteten über Ergebnisse der LARES-Studie, die auf Initiative des Europa-Büros der WHO zwischen 2002-2003 in acht europäischen Städten durchgeführt wurde. Hauptziel der Studie war es, Komponenten der Wohnqualität zu analysieren, darunter den Einfluss des Lärms aus verschiedenen Quellen. Die Auswertung nach der subjektiven Belästigung durch Fluglärm ergab für solche Personen, die sich stark durch Fluglärm belästigt fühlten, eine signifikant erhöhte Odds Ratio für ärztlich diagnostizierten Bluthochdruck (3.0) bzw. kardiovaskuläre Symptome (3.1).

Allen oben diskutierten Studien, deren Daten auf Bevölkerungs-Befragungen beruhen ist ein inhärentes Defizit gemein, das von der hier vorgelegten Studie nicht geteilt wird: Ihre Ergebnisse sind sowohl durch Verzerrungen des Erinnerungsvermögens der Probanden als auch durch möglicherweise differentiellen Non-Response belastet.

### **Fluglärm, psychische Erkrankungen und psycho-aktive Arzneimittel**

Knipschild (1997b) führte zwischen 1967 und 1974 in zwei Gemeinden in der Nähe des Amsterdamer Flughafens Schiphol einen Apotheken-Survey durch. Da keine Daten über den individuellen Arzneimittelverbrauch verfügbar waren, berechnete er Proxy-Maßzahlen für den Verbrauch, indem er den verkauften Packungen für Arzneimittel verschiedener Arzneimittelgruppen die Wohnbevölkerung der beiden Gemeinden zugrunde legte. Die eine der Gemeinden war während der Studiendauer frei von Fluglärm, während für die zweite Gemeinde die Belastung durch Fluglärm kontinuierlich anstieg. Die Auswertungen zeigen sowohl für Sedativa als auch für Hypnotika in der durch Fluglärm belasteten Gemeinde einen Anstieg mit den Kalenderjahren, während in der unbelasteten Gemeinde für Sedativa über den gesamten Zeitraum ein stabiles, niedriges Plateau zu beobachten war und für Hypnotika ein geringfügiger Anstieg mit Plateaubildung in der letzten Studienphase stattfand. Bei der Bewertung der Qualität dieser Studie ist zu beachten, dass sie in einer Zeit durchgeführt wurde, als die Methoden der Pharmako-Epidemiologie sich noch auf einem sehr niedrigen Entwicklungsstand befanden.

Miyakita und Koautoren (2002) führten in den Jahren 1995-1996 einen Befragungssurvey auf der Insel Okinawa bei Probanden um zwei US-amerikanische Militärbasen (Kadena, Futen) sowie in einer Vergleichsregion Shimajiri. Die Response-Rate der 15-75-jährigen Probanden betrug 80% (N=6.480). Die Exposition wurde bestimmt als Zugehörigkeit zu einer 5-dB(A)-Fluglärm-Kategorie (Ldn: <55, 55-60, 60-65, 65-70, >70). Die Zielvariablen wurden über verschiedenen Indizes für psychologische Symptome gebildet. Im Vergleich zur Referenzregion ergaben sich für „Nervosität“ („nervousness“) signifikant erhöhte Odds Ratios mit steigendem Trend für alle Lärmkategorien, für Depression lediglich in der höchsten Kategorie (> 70 dB(A)).

Hardoy und Koautoren (2005) führten eine kleinere Querschnittsstudie durch, um den Einfluss von Fluglärm auf psychiatrische Erkrankungen zu bestimmen. Ihre Stu-

dienregion umfasste den Ort Giliaquas, unmittelbar angrenzend an den Flughafen Elmas, sowie als Vergleichsregionen die Stadt Cagliari und mehrere andere, nicht von Fluglärm betroffene Gemeinden und Dörfer. 71 Probanden beiderlei Geschlechts (18-75 Jahre alt ) aus Giliaquas und 284 nach Alter und Geschlecht gematchte Vergleichspersonen wurden einem strukturierten Interview unterzogen. Psychiatrische Diagnosen wurden anhand der italienischen Version des Composite International Diagnostic Interview Simplified gestellt. Die univariat ermittelten Odds Ratios erreichten signifikante Werte für generalisierte Angststörungen (generalized anxiety disorders) und für nicht-spezifizierte Angststörungen (anxiety disorders not otherwise specified) mit 2.0 (95%-Konfidenz-Intervall 1.0-4.2) und 2.9 (95%-Konfidenz-Intervall 1.0-4.1). Geschlechtsspezifische Odds Ratios wurden nicht ausgewiesen.

Franssen und Mitarbeiter (2004) fanden in ihrer oben beschriebenen Studie für nicht verschreibungspflichtige Sedativa und Hypnotika mit  $L_{den}$  als unabhängiger Variable erhöhte Odds Ratios von 2.34 (95%-Konfidenzintervall 1.63-3.35) pro 10 dB(A)-anstieg mit einem deutlichen Trend bei Stratifizierung nach 5-dB(A)-Klassen. Für verschreibungspflichtige Arzneimittel der gleichen Kategorie waren die Odds Ratios nicht-signifikant erhöht.

Die Auswertung der LARES-Studie (Niemann et al. 2005) ergab bei mäßig bzw. stark durch Fluglärm belästigten Probanden nicht-signifikant erhöhte Odds Ratios für die ärztlich gestellte Diagnose einer Depression, dagegen signifikante erhöhte Odds Ratios für einen Index, der auf depressive Symptomatik hindeutet (SALSA), sowohl für mässig als auch für stark durch Fluglärm belästigte Probanden (1.4 bzw. 3.2).

Zusammenfassend ist zu konstatieren, dass die vorliegenden epidemiologischen Studien einen Zusammenhang zwischen Fluglärm und Bluthochdruck und blutdrucksenkender Medikation sehr wahrscheinlich machen. Dieser wahrscheinliche Zusammenhang wird gestützt durch die Ergebnisse von Studien, die als Konsequenz von beruflicher Lärmbelastung oder von Straßenverkehrslärm erhöhte Risiken für Bluthochdruck zeigen konnten.

Für kardiovaskuläre Erkrankungen erscheint die Evidenz erheblich geringer. Für psychische Erkrankungen weisen die vorliegenden epidemiologischen Studien eine durchweg geringere Qualität auf. Dennoch sind Hinweise gegeben, die ein erhöhtes

Risiko für den Gebrauch von Tranquillizern, Sedativa und Hypnotika infolge von Fluglärm-Belastung nahe legen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie verstärken mithin die bereits vorhandene Evidenz für den Zusammenhang zwischen Belastung durch Fluglärm und Bluthochdruck. Aufgrund der großen Power unserer Studie zeigen sich auch Effekte auf Gebieten, in denen frühere Studien aufgrund vermutlich zu kleinen Studienumfanges keine signifikanten Ergebnisse erbringen konnten. Allerdings sind die Ergebnisse im Bezug auf kardiovaskulär wirksame Arzneimittel und auf Antidepressiva sowohl pathophysiologisch außerordentlich plausibel als auch kompatibel mit der vorliegenden Literatur.

Die vorliegende Studie hebt sich in mehreren Komponenten von den bislang publizierten Studien ab:

- Die Belastung durch Fluglärm erfolgt adressgenau.
- Neben Fluglärm-Parametern wurden bei allen Analysen die Parameter für Straßenverkehrslärm und Schienenverkehrslärm einbezogen.
- Die Erhebung der Zielvariablen erfolgt objektiv und unabhängig von Erinnerungsfehlern, die allen Befragungen immanent sind.
- Die außerordentlich geringe Verlustrate bedingt im Gegensatz zu bias-belasteten Non-Response-Raten keine irgendwie geartete Verzerrung der Ergebnisse.

### **Zur Problematik der Bestimmung von präventiven Fluglärm-Grenzwerten**

Die bislang geführte Diskussion um die Bestimmung von Grenzwerten mit dem Ziel, eine Gesundheitsgefährdung durch Fluglärm zu minimieren, ist dadurch bestimmt, dass die verfügbaren Publikationen lediglich in Einzelfällen auf den Ergebnissen epidemiologischer Studien beruhen.

Bestimmt wurden die Diskussionen – und daraus abgeleitetes politisches Handeln – durch zwei historisch entwickelte Denkschulen. Die erste hat sich entwickelt aus der so genannten Fluglärm-Synopse (Griefahn et al. 2004), die nach dem Bekenntnis der Autoren auf der Basis von mehr als 900 internationalen Publikationen entstanden ist. Eine Nachprüfung für den Bereich der Begrenzung des Nachtfluglärms ergab, dass eine unerklärliche Vielzahl von Publikationen, die von den Autoren zum Beleg für die Begründung von Grenzwerten angeführt worden waren, die zitierten Werte über-

haupt nicht enthielten, z.T. nicht einmal die zitierten Kategorien von Werten enthielten (Greiser 2007). Lediglich bei 3 von 16 Publikationen erwies sich die Zitierweise als korrekt (s. Tabellen 22 und 23).

Damit erweist sich die Ermittlung von präventiven Grenzwerten für nächtlichen Fluglärm als wissenschaftlich nicht nachvollziehbar.

Die zweite Denkschule beruht auf der Anfang 2004 partiell publizierten Studie zu Nachtfluglärmwirkungen des Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin der DLR (Basner et al. 2004). Die als Ergebnis dieser Studie in die Diskussion eingeführten durch nächtlichen Fluglärm hervorgerufenen Aufwachwahrscheinlichkeiten beruhen auf der Auswertung von polysomnographischen Messungen, die an 61 Probanden (Alter 19-61 Jahre) in 576 Nächten in der eigenen Wohnung im unmittelbaren Umfeld des Flughafens Köln-Bonn durchgeführt wurden. Die 61 Probanden waren daraufhin ausgewählt worden, dass sie trotz Leben in einer fluglärmbelasteten Umwelt keine Schlafstörungen entwickelt hatten, über keine klinisch relevanten chronischen Erkrankungen verfügten und keine dämpfenden bzw. stimulierenden Arzneimittel eingenommen hatten. Trotz dieser Einschränkungen wird von den Wissenschaftlern des DLR-Instituts postuliert, dass die so gewonnenen Ergebnisse geeignet seien, für jeden Flughafen der Welt in Abhängigkeit vom Fluglärm die Aufwachreaktionen der betroffenen Bevölkerung bestimmen zu können. Dieser Auffassung ist widersprochen worden (Greiser 2007).

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zu Wirkungen des nächtlichen Fluglärms um den Flughafen Köln-Bonn bieten eine Basis für eine notwendige Revision von Grenzwerten für nächtlichen Fluglärm zum Schutz der Gesundheit der Bevölkerung.



Tabelle 22. Nachvollziehbarkeit der Begründungen zur Begrenzung nächtlicher Lärmeinwirkungen – Maximalpegel (innen) des Gutachtens G12.1 im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens zur Erweiterung des Flughafens Frankfurt am Main (30.7.2004)

Autor	Gutachten G12.1 Spitzenschallpegel	Probanden	Bemerkung
Hofman (1991)	>55 dB(A)	Meta-Analyse	Literaturangabe falsch.
Eberhard & Akseleson (1987)	>55 dB(A)	7 Männer, 21-27 Jahre alt, an verkehrsreichen Strassen wohnend	>50-55 dB(A)
Öhrström et al. (1990)	>55 dB(A)	9 weibliche und 19 männliche Studenten, 20-29 Jahre alt	Studie falsch interpretiert: Spitzenpegelwerte von 50 dB(A) und von 60 dB(A), aber nicht von 55 dB(A) untersucht. Schlafqualität bereits bei 50 dB(A) gestört.
Öhrström (1999)	>55 dB(A)	Review-Vortrag, keine Probanden.	>55 dB(A) wird mit einer signifikant erhöhten Anzahl von Aufwachern in der Allgemeinbevölkerung in Verbindung gebracht. Hinweis, dass lärmsensitive Gruppen reagierten bei 5 dB(A) niedrigeren Spitzenschallpegeln.
Osada et al. (1974)	> 55 dB(A)	6 männliche Studenten	> 40 dB(A)
Jansen et al. (1995)	> 60 dB(A)	Übersichtsarbeit	> 60 dB(A)
Fidell et al. (1995)	> 54-63 dB(A)	77 Probanden beiderlei Geschlechts aus 38 Haushalten (2.717 Beobachtungsnächte)	Keine Spitzenschallpegel angegeben. Publikation enthält lediglich Regressionsfunktionen und Ergebnisse zu Mittelschallpegeln.
Vernet (1983)	> 54-63 dB(A)		Effekte auch unter 54 dB(A) in Abhängigkeit von Emergenz
Pearsons et al. (1995)	> 54-63 dB(A)	Meta-Analyse von 21 Studien	Keine Spitzenschallpegel angegeben. Publikation enthält lediglich Regressionsfunktionen.
Vallet und Vernet (1993)	Maximalpegel 40 dB(A), „Mittelungspegel“ 30 dB(A)	Übersichtsarbeit	Angegebenes Publikations-Jahr 1993 falsch; korrekt: 1992. 30 dB(A) als Mittelschallpegel in Publikation nicht vorhanden. Schlußfolgerung der Publikation: „Bei strikter Berücksichtigung der Kurve wird deutlich, dass bei einem einzigen Flug pro Nacht ein Lärmpegel von 42 dB(A) eine Aufwachreaktion zur Folge haben kann...Der Maximalpegel innerhalb der Wohnungen sollte nach der vorliegenden Evaluationsmethode 48 dB(A) nicht überschreiten...“

Tabelle 23. Nachvollziehbarkeit der Begründungen zur Begrenzung nächtlicher Lärmeinwirkungen – äquivalenter Dauerschallpegel (innen) des Gutachtens G12.1 im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens zur Erweiterung des Flughafens Frankfurt

<b>Autor</b>	<b>Gutachten G12.1 Äquivalenter Dauerschallpegel</b>	<b>Probanden</b>	<b>Bemerkung</b>
Eberhardt & Akseleson (1987)	36-45 dB(A)	7 Männer, 21-27 Jahre, an verkehrsreichen Strassen wohnend	Zahlen sind in Publikation nicht vorhanden.
Griefahn (1986)	40 dB(A)	18 männliche Studenten, 21-30 Jahre alt	Korrekt
Miedema (1993b)	40 dB(A)	Meta-Analyse	Publikation enthält keine dB(A)-Werte, sondern Regressionsfunktionen.
Vallet (1982)	35 dB(A)		Publikation in Literaturliste des Gutachtens G12.1 nicht vorhanden.
Vallet et al. (1983)	37 dB(A)	14 Männer, Alters-Range unbestimmt (vermutlich 20-55 Jahre), in der Nähe eines Pariser Flughafens (Roissy) wohnend	In der gesamten Publikation existiert der Wert 37 dB(A) nicht. Es werden keine Mittelschallpegel, sondern lediglich Spitzenschallpegel berichtet.
Maschke (1996)	32 dB(A)	Literatur-Review	32 dB(A) korrekt

## **Arbeitsgruppe für Qualitätssicherung**

Die Arbeitsgruppe Qualitätssicherung wurde mit dem Ziel etabliert, durch Beratung des Projektleiters (E.G.) im Hinblick auf Datenaufbereitung, Auswertungsstrategie und Auswertungsmethoden die Ergebnisqualität zu sichern. Ihr gehörten folgende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an.

Prof. Dr. Ursula Ackermann-Liebrich,  
Institut für Sozial- und Präventivmedizin der Universität Basel und  
Swiss School of Public Health, Zürich

Dr. Wolfgang Babisch  
Umweltbundesamt, Berlin

Dr. Mathias Basner (alternativ zu Dr. Samel)  
Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin der DLR, Köln (bis 2.11.2006)

Prof. Dr. Karl-Heinz Jöckel  
Institut für medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie  
Universität Duisburg-Essen

Dr. Alexander Samel (alternativ zu Dr. Basner)  
Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin der DLR, Köln (bis 3.11.2006)

Prof. Dr. H.-Erich Wichmann (Vorsitz)  
Institut für Epidemiologie der GSF, Oberschleißheim

## Glossar

Adjustierung	Durch Einbeziehung verschiedener Variablen in die Berechnung wird eine Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Gruppen geschaffen und möglichen Verzerrungen entgegengewirkt.
Antihypertensiva	Arzneimittel zur Behandlung erhöhten Blutdrucks
ATC	<u>A</u> natomic <u>T</u> herapeutic <u>C</u> lassification; dieses System erlaubt die Zusammenführung von verschiedenen Arzneyspezialitäten in ein System, das sowohl die Indikation als auch die pharmakologischen Wirkstoffe berücksichtigt. Das ATC-System wurde von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) entwickelt.
Cardiaca	Arzneimittel zur Behandlung von Herz- und Kreislauf-Erkrankungen (im Rahmen der vorliegenden Studie: außer Antihypertensiva)
Chi <sup>2</sup>	Der Chi <sup>2</sup> -Wert ist ein Indikator dafür, ob die Variable einen signifikanten Beitrag zum Ergebnis leistet.
DDD	<u>D</u> efined <u>D</u> aily <u>D</u> oses, sogenannte definierte Tagesdosen, von der WHO empfohlenes System.
Fall-Kontroll-Studie, retrospektive epidemiologische	Das Ziel von Fall-Kontroll-Studien ist es, die Bedeutung von Risikofaktoren für die Entstehung von Krankheiten quantitativ zu ermitteln. Die logische Basis für Fall-Kontroll-Studien ergibt sich aus der Überlegung, dass ein Risikofaktor, der die Entstehung einer Krankheit begünstigt, bei Patienten mit dieser Krankheit vor Krankheitsbeginn häufiger vorhanden gewesen sein muss als in einer Vergleichsgruppe von Nicht-Erkrankten. Da bei Fall-Kontroll-Studien die Recherchen erst nach eingetretener Erkrankung einsetzen, also in die Vergangenheit gerichtet sind, gehören die Fall-Kontroll-Studien zu den so genannten retrospektiven Studienformen.
Gastro-Intestinalia	Arzneimittel zur Behandlung von Erkrankungen des Verdauungstraktes
Hypnotika	Schlafmittel
Interaktion	Wechselwirkung zwischen verschiedenen Faktoren
Kohorte	Eine Kohorte bezeichnet in der Epidemiologie eine Gruppe von Personen, die durch ein gemeinsames Merkmal charakterisiert ist. Dieses Merkmal kann das Wohnen in einer bestimmten Region, eine gemeinsame Exposition gegenüber einem Schadstoff, der gleiche Beruf oder Ähnliches sein. In einer Kohorten-Studie werden die Mitglieder einer Kohorte über einen bestimmten Zeitraum auf das Auftreten von Endpunkten hin

beobachtet.

Konfidenz-Intervall	(= Vertrauensbereich) Will man in der beschreibenden Statistik einen Parameter einer Variable (z.B. Odds Ratio, relatives Risiko) für eine Population bestimmen, so ist dies bei einer Vollerhebung ohne weiteres möglich. Stammen die Maßzahlen jedoch aus einer Stichprobe, muss mit einem Zufallsfehler gerechnet werden. Deshalb dienen solche Ergebnisse nur als Schätzwerte für den „wahren Wert“ für die Grundgesamtheit. Das Konfidenz-Intervall erlaubt die Beurteilung der Schwankungsbreite dieser Schätzwerte. Das 95%-Konfidenz-Intervall gibt an, in welchen Bereich 95 von 100 möglichen Schätzungen fallen würden. Wenn eine Odds Ratio mit 1,53 geschätzt wurde und das Konfidenz-Intervall von 0,95 bis 1,74 reicht, kann keine signifikante Erhöhung der Odds Ratio konstatiert werden, weil das Konfidenz-Intervall sich von einer Risikosenkung um 5 % bis zu einer Erhöhung von 74 % erstreckt.
$L_{den}$	Dauerschallpegel über 24 Stunden, bei dem für die Abendzeit und für die Nachtzeit unterschiedliche Aufschläge auf die berechneten Dauerschallpegel erfolgen, um die besondere Bedeutung des Lärms zu verschiedenen Tages- bzw. Abend- und Nachtzeiten zu verdeutlichen
$L_{dn}$	Dauerschallpegel für 24 Stunden, wobei der berechnete Dauerschallpegel für die Nacht mit einem definierten Aufschlag versehen wird.
$L_{eq}$	Dauerschallpegel, der durch Mittelung von einzelnen Schallergebnissen über einen definierten Zeitraum berechnet wird.
Median	Der Median ist der mittlere Wert einer geordneten Datenreihe. Das bedeutet, dass jeweils die Hälfte der Beobachtungen der Datenreihe größer oder gleich bzw. kleiner als der Median sind.
Multivariate logistische Regression	Statistisches Verfahren, das es erlaubt den Einfluss mehrerer so genannter unabhängiger Variablen auf eine Zielvariable zu berechnen. Beispiel: Der Einfluss von Bluthochdruck, Cholesterinspiegel, Zigarettenrauchen und körperliche Aktivität als unabhängige Variable auf das Risiko, einen Herzinfarkt zu erleiden (abhängige Variable). Das Ergebnis einer multivariaten logistischen Regression ist die Odds Ratio mit dem dazu gehörigen Vertrauensbereich (Konfidenz-Intervall).
Multiple lineare Regression	Statistisches Verfahren, bei dem der Einfluss von mehreren unabhängigen Variablen auf eine abhängige Variable berechnet wird. Beispiel: Der Einfluss von Alter, Körpergewicht, Anzahl von verzehrten Eiern pro Woche und Fettverzehr (=unabhängige Variable) auf den Cholesterinspiegel (=abhängige Variable).

Odds Ratio	Die Odds Ratio, eine Verhältniszahl, die als das Ergebnis einer Fall-Kontroll-Studie angibt, um wie viele Male häufiger die Erkrankung bei vorhandenem Risikofaktor auftritt als ohne. Eine Odds Ratio unter 1 würde ein erniedrigtes Risiko anzeigen, ein Wert über 1 ein erhöhtes. Eine Odds Ratio von 1,5 entspricht einer Risiko-Erhöhung um 50%. Zur Bewertung der Relevanz einer Odds Ratio ist allerdings die Berechnung des Konfidenz-Intervalls unerlässlich. Zur Aufklärung der Ursachen von Erkrankungen mit einer langen Entwicklungszeit (Latenzzeit) bedeuten Fall-Kontroll-Studien die einzige Möglichkeit, relativ schnell, d.h. in einem Zeitraum von 2-3 Jahren, zu gesicherten Erkenntnissen zu kommen.
p-Wert	Zeigt an, ob eine gefundene Erhöhung oder Erniedrigung eines Risikos (z.B. in Form der Odds Ratio), statistisch bedeutsam (=signifikant) ist. Ein p-Wert sollte gleich oder kleiner als 0.05 sein, um die statistische Signifikanz eines Risikos anzeigen zu können.
Quartile	Aufteilung der geordneten Datenreihe in 4 Teile (Quartile)
Sedativa	Beruhigungsmittel
Stratifizierung	Aufteilung einer Untersuchungsgruppe in verschiedene Untergruppen (=Strata), um in diesen Untergruppen getrennte Analysen durchführen zu können.
Tranquillizer	Gruppe von Arzneimitteln, die zur Beruhigung, Angstlösung oder bei Schlafstörungen eingesetzt werden. Bekanntester Vertreter dieser Gruppe ist Valium (Inhaltsstoff Diazepam).
Vertrauensbereich	= Konfidenz-Intervall

## Literatur

Babisch W. Transportation noise and cardiovascular risk. Review and synthesis of epidemiological studies. Dose-effect curve and risk estimation. Umweltbundesamt, Dessau, 2006, S. 65.

Basner M, Buess H, Elmenhorst D, Gerlich A, Luks N, Maaß H, Mawet L, Müller EW, Plath G, Quehl J, Samel A, Schulze M, Vejvoda M, Wenzel J. Nachtfluglärmwirkungen. Band 1. Zusammenfassung. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Forschungsbericht 2004-07/D. Köln, April 2004.

Deutscher Bundestag, Drucksache 14/8792: Umweltgutachten 2002, Sachverständigenrat für Umweltfragen, S. 271ff.

Eberhardt JL, Akseelsson KR. The disturbance by road traffic noise of the sleep of young male adults as recorded in the home. J Sound Vib 1987; 114: 417-434.

Fidell S, Pearsons K, Howe R, Tabachnick B, Silvati L, Barber DS. Noise-induced sleep disturbance in residential settings. 1994. Armstrong Laboratory, Air Force Materiel Command, Wright Patterson Airforce Base, Ohio 45433-6573, AL/OE-TR-1994-0131.

Fidell S, Howe RH, Tabachnick BG, Pearsons KS, Sneddon MD. Noise-induced sleep disturbance in residences near two civil airports. NASA Contractor Report 198252. Hampton, Virginia, December 1995.

Franssen EAM, van Wiechen CMAG, Nagelkerke NJD, Lebrecht E. Aircraft noise around a large international airport and its impact on general health and medication use. Occup Environ Med 2004; 61: 405-413.

Gezondheidsraad (Health Council of the Netherlands). Vliegtuiglawaai en slaap. Airplane noise and sleep. Verstoring van de slaap door nachtelijk vliegtuiglawaai. Sleep disturbance by airplane noise at night. S-Gravenhage 1991. (Report 1191/05).

Greiser E. Wie verallgemeinerungsfähig sind die Empfehlungen der sogenannten Fluglärm-Synopse und der DLR-Studie zum Nachtflug-Lärm – eine epidemiologische Bewertung. In: Oldiges M. (Hg.): Der Schutz vor nächtlichem Fluglärm. Symposium des Instituts für Umwelt- und Planungsrecht der Juristenfakultät der Universität Leipzig. Nomos-Verlag, Baden-Baden, in Druck (2007).

Griefahn B. A critical load for nocturnal high-density road traffic noise. Am J Ind Med 1986; 9:261-269.

Griefahn B, Scheuch K, Jansen G, Spreng M. Protection goals for residents in the vicinity of civil airports. Noise Health 2004; 6: 51-62.

Griefahn B, Jansen G, Scheuch K, Spreng M. Synopse im Auftrag der Fraport AG. Dortmund, Heiligenhaus, Dresden, Erlangen, 2004.

Hardoy MC, Carta MG, Marci AR, Carbone F, Cadeddu M, Kovess V, Dell'Osso L, Carpiello B. Exposure to aircraft noise and risk of psychiatric disorders: the ELMAS survey. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol* 2005; 40: 24-26.

Health Council of the Netherlands. Airplane noise and sleep. Sleep disturbance by airplane noise at night. Den Haag, 1991, S. 83.

Health Council of the Netherlands. Noise and Health. Report by a committee of the Health Council of the Netherlands. No. 1994/15E. Den Haag, 15.9.1994, S. 43-45.

Health Council of the Netherlands. Committee on the Health Impact of Large Airports. Public health impact of large airports. No. 1999/14E, Den Haag, 1999, s. 79.

Hofman WF. Vliegtuiglawaai, slaap en gezondheid. Rapport A91/1. Den Haag, Gezondheidsraad, 1991.

Hofman WF. Sleep disturbance and sleep quality. Thesis. Universiteit de Amsterdam, 1994 (ISBN 90-5470-025-4)

Janhsen K. Persönliche Mitteilung, 2006.

Van Kempen EEMM, Kruize H, Boshuizen HC, Ameling CB, Staatsen BAM, de Hollander AEM. The association between noise exposure and blood pressure and ischaemic heart disease: A meta-analysis. *Environ Health Perspect* 2002; 110: 307-317.

Knipschild P. Medical effects of aircraft noise: Community cardiovascular survey. *Int Arch Occup Environ Health* 1977a; 40: 185-190.

Knipschild P. Medical effects of aircraft noise. Drug survey. *Int Arch Occup Environ Health* 1977b; 197-200.

Matsui T, Uehara T, Miyakita T, Hiramatsu K, Osada Y, Yamamoto T. The Okinawa study: effects of chronic aircraft noise on blood pressure and some other physiological indices. *J Sound Vibration* 2004; 277: 469-470.

Miyakita T, Matsui T, Ito A, Tokuyama T, Hiramatsu K, Osada Y, Yamamoto T. Population-based questionnaire survey on health effects of aircraft noise on residents living around U.S. airfields in the Ryukyus – Part I: An analysis of 12 scale scores. *J sound Vibration* 2002; 250: 129-137.

Muzet A, Erhart J, Eschenlauer R, Lienhard JP. 1980. Modification vegetatives entraînées par le bruit au cours de sommeil. Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, Comité Bruit et Vibration. Convention no 76.22.

Niemann H, Maschke C, Hecht K. Belästigung und Erkrankungsrisiko – Ergebnisse des Pan-Europäischen LARES Surveys zum Fluglärm. Interdisziplinärer Forschungsverbund „Lärm und Gesundheit“ im Berliner Zentrum für Public Health. Berlin, Update 27.5.2004.



Öhrström E, Rylander R. Sleep disturbance by road traffic noise – a laboratory study on number of noise events. J Sound Vib 1990; 143: 93-101.

Öhrström E. Sleep disturbances caused by road traffic noise. (Abstract)  
J Acoust Soc Am 1999; 105: 1218.

Ortscheid J, Wende H. Fluglärmwirkungen. Umweltbundesamt, 2000, S.8-11.

Osada Y, Ogawa S, Ohkubo C, Miyazaki K. Experimental study on the sleep interference by train noise. Bull Inst Publ Health (Tokyo) 1974; 23: 171-177.

Pearsons KS, Barber DS, Tabachnick BG, Fidell S. Predicting noise-induced sleep disturbance. J Acoust Soc Am 1995; 97: 331-338.

Rosenlund M, Berglind N, Pershagen G, Järup L, Bluhm G. Increased prevalence of hypertension in a population exposed to aircraft noise. Occup Environ Med 2001; 58: 769-773.

Rosenlund M. Environmental factors in cardiovascular disease. Doctoral Thesis, Stockholm, 2005.

Stansfeld SA, Matheson MP. Noise pollution: non-auditory effects on health. Br Med Bull 2003; 68: 243-257.

Vallet M, Gagneux JM, Clairet JM, Laurens JF, Letisserand D. Heart vrate reactivity to aircraft noise after long term exposure. Proc 4<sup>th</sup> Int Congr on Noise as a Public Health Problem. Milano, 1983, p.965-971.

Vallet M, Vernet I. Nachtfluglärmindex und Ergebnisse der Schlafforschung. Schr.-Reihe Verein WaBoLu 88, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1992, S. 408-412.

Vallet M, Vernet I. Night aircraft noise index and sleep research results. Schr.-Reihe Verein WaBoLu 88, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1992, S. 413-415.

Vernet M. Comparison between train noise and road noise annoyance during sleep. J Sound Vib 1983; 87: 331-335.

Vernet M, Simmonet F. Comparison of the impact of railway noise and road traffic on sleep. Proc 4<sup>th</sup> Int Congr on Noise as a Public Health Problem. Milano, 1983, p.1023-1026.

<b>Anhang</b>	95
<b>Votum der Arbeitsgruppe Qualitätssicherung</b>	96
Abbildung A1. Verordnung von Tranquillizern, Sedativa, Hypnotika (jemals) nach Quartil der Sozialhilfe-Häufigkeit – Männer	103
Abbildung A2. Verordnung von Tranquillizern, Sedativa, Hypnotika (jemals) nach Quartil der Sozialhilfe-Häufigkeit – Männer mit mindestens 1 Verordnung	103
Abbildung A3. Verordnung von Tranquillizern, Sedativa, Hypnotika (jemals) nach Quartil der Sozialhilfe-Häufigkeit – Frauen	104
Abbildung A4. Verordnung von Tranquillizern, Sedativa, Hypnotika (jemals) nach Quartil der Sozialhilfe-Häufigkeit – Frauen mit mindestens 1 Verordnung	104
Abbildung A5. Verordnung von Antidepressiva (jemals) nach Quartil der Sozialhilfe-Häufigkeit - Männer	105
Abbildung A6. Verordnung von Antidepressiva (jemals) nach Quartil der Sozialhilfe-Häufigkeit – Männer mit mindestens 1 Verordnung	105
Abbildung A7. Verordnung von Antidepressiva (jemals) nach Quartil der Sozialhilfe-Häufigkeit – Frauen	106
Abbildung A8. Verordnung von Antidepressiva (jemals) nach Quartil der Sozialhilfe-Häufigkeit – Frauen mit mindestens 1 Verordnung	106
Tabelle A-1. Korrelations-Koeffizienten sämtlicher Verkehrslärm-Parameter	107
Tabelle A-2. Prävalenz (%) der kombinierten Verordnung von Arzneimitteln aus verschiedenen Arzneimittelgruppen während des Versicherungszeitraums.	110

Wichmann, H.E., Ackermann-Liebrich, U., Jöckel, K.H., Babisch, W.

## **Stellungnahme der Qualitätssicherungsgruppe zum Abschlußbericht der Studie „Beeinträchtigung durch Fluglärm. Arzneimittelverbrauch als Indikator für gesundheitliche Beeinträchtigung“ von Prof. E. Greiser**

Dezember 2006

### **Zusammensetzung und Arbeit der Qualitätssicherungsgruppe**

Prof. Dr. Dr. H.-Erich Wichmann	GSF Neuherberg (Vorsitz)
Prof. Dr. Ursula Ackermann-Liebrich	Uni Basel
Prof. Dr. Karl-Heinz Jöckel	Uni Essen
Dr. Alexander Samel (bis 3.11.2006)	DLR Köln
Dr. Wolfgang Babisch	UBA Berlin

Regelmäßige Gäste:

Dr. Martin Partsch (bis 1.11.2006)	Flughafen Köln-Bonn
Dr. Mathias Basner (bis 2.11.2006)	DLR Köln
Dr. Jens Ortscheid	UBA Berlin

### **Aufgabe der Qualitätssicherungsgruppe**

Am 28.10.2005 wurden die Rahmenbedingungen für die Einrichtung der Qualitätssicherungsgruppe festgelegt. An diesem Treffen nahmen Vertreter des Flughafens Köln-Bonn, des DLR, des UBA, Prof. Greiser und Prof. Wichmann teil. Hierbei wurde festgelegt, wer der Qualitätssicherungsgruppe angehören sollte, und welche Aufgaben diese haben sollte, nämlich

- Prüfung der vom Studienleiter (Prof. Greiser) zu erstellenden detaillierten Studienunterlagen
- Abstimmung aller wichtigen Arbeitsschritte der Studie zwischen Studienleiter und Qualitätssicherungsgruppe
- Qualitätskontrolle der technischen Abläufe und der Auswertung der Studie
- Schriftliche Stellungnahme zum Abschlußbericht der Studie

Ferner wurde Vertraulichkeit vereinbart.

Am 24.3. und 10.10.2006 fanden Sitzungen der Qualitätssicherungsgruppe in Neuherberg und am Flughafen Köln-Bonn statt. Ferner gab es Telefonkonferenzen am 11.5., 2.11. und 21.11.2006. Hierbei wurden gemeinsam mit Prof. Greiser Details der Auswertestrategie festgelegt und die Auswertungsergebnisse besprochen.

Die Qualitätssicherungsgruppe hatte die Aufgabe, die Qualität der verwendeten Daten und des epidemiologischen Studienansatzes sowie die innere Konsistenz der Ergebnisse zu bewerten. Sie stützt ihre Bewertung auf den Abschlußbericht und zusätzliche Auswertungen, die ihr von Prof. Greiser vorgelegt wurden.

Die Qualitätssicherungsgruppe dankt Prof. Greiser für seine Bereitschaft, auf ihre Auswertungswünsche einzugehen und umfangreiche Zwischenauswertungen zur Verfügung zu stellen. Dadurch war es möglich, die Konsistenz der Ergebnisse detailliert zu analysieren und zu bewerten.

## 1. Zum Studienansatz

Die Qualitätssicherungsgruppe stellte von Anbeginn an fest, dass die Studie einen besonders originellen Ansatz verwendet, der erlaubt, die üblichen Zweifel, die bei Studien bestehen, welche selbst eingeschätzte gesundheitliche Auswirkungen betrachten, zu umgehen. Zudem konnte durch verschiedene komplizierte Schritte, jeder Person eine Exposition zugeordnet werden. Eine Schwäche des Ansatzes besteht in der durch die Art der Daten hervorgerufene Notwendigkeit für Sozialindikatoren auf andere Daten zurückgreifen zu müssen. Der Ansatz, Sozialhilfe-Häufigkeiten und Häufigkeiten von Altenheimen in die Analyse einzubeziehen, hilft zumindest, eine starke Verzerrung durch diese beiden Indikatoren auszuschließen. Des weiteren sind Schwierigkeiten mit den Sozialindikatoren auch durch Stratifizierung geklärt worden, was zum besseren Verständnis der präsentierten Resultate beiträgt.

## 2. Zu den Auswertungskonzepten

Die in der Studie verwendeten, **errechneten** Werte der Lärmbelastung entsprechen dem in der Lärmwirkungsforschung üblichen Verfahren der Expositionsbestimmung. Sie repräsentieren zumindest eine Rangordnung der Belastung. Die Qualitätssicherungsgruppe einigte sich auf die Lärmeinteilung in Quartilen: mit anderen Worten: Personen in der ersten Quartile sind niedriger belastet als solche in der zweiten, usw. Ferner wurden zur Vereinfachung Expositionen oberhalb des Medianwertes mit denen unterhalb des Medianwertes verglichen. Bezug war in allen Fällen die „unbelastete“ Gruppe mit Lärmpegeln unter 40 dB(A). Nach Aussage des Flughafens Köln sind allerdings bereits Lärmpegel unter 46 dB (A) ungenau. Der Versuch, unter diesen Bedingungen Lärm als steige Variable einzuführen, brachte keine interpretierbaren Ergebnisse und wurde daher im Bericht nicht weiter verfolgt.

Der Fluglärm wurde (entsprechend der Verteilungshäufigkeit) in verschiedene Zeitfenster eingeteilt und zwar in Fluglärm tags 6-22Uhr, nachts 22-6Uhr, 23-1Uhr und 3-5Uhr. Für Straßenlärm und Schienenlärm lagen ebenfalls entsprechende Daten vor, die in die Berechnungen einbezogen wurden.

Es wurden sowohl logistische Regressionen als auch multivariable lineare Regressionen gerechnet, die beide geeignet sind, Expositions-Wirkungs Beziehungen zu untersuchen. Diese zwei unterschiedlichen Arten der Analyse (Regression und logistische Regression) decken zwei unterschiedliche Aspekte des Problems ab: So stellt die logistische Regression auf das Vorliegen einer Arzneimittelverordnung ab (ja vs. nein), während die normale Regression sich mit der Größenordnung (also hier der verordneten Dosis DDD) beschäftigt. Dies gilt so leider nicht in der Reinform: in den DDD's ist natürlich auch enthalten, ob Individuen z.B. überhaupt einer Therapie bedürfen. Bei den Älteren (mit hoher Prävalenz der Diagnose) sind DDD Gradienten als Hinweis auf höhere erforderliche Dosen zu interpretieren, während bei den Jüngeren die logistische Regression sensitiver sein sollte

### 3. Zu den Resultaten

Generell kann man in der Epidemiologie von einer inneren Konsistenz der Ergebnisse ausgehen, wenn mit zunehmender Expositionshöhe die Stärke der Assoziation zunimmt, wenn mit zunehmender Spezifität der Variablen die Stärke der Assoziation zunimmt, wenn vergleichbare Expositionen ähnliche Assoziationen zeigen, wenn Größen die nichts miteinander zu tun haben keine Assoziationen zeigen. Mit zunehmender innerer Konsistenz werden die Resultate einer Studie somit plausibler.

#### 3.1. Zusammenhang der Fluglärmexposition mit den verordneten Arzneimittelgruppen

##### Erwartung:

Die Exposition gegenüber Fluglärm und Straßenlärm kann mit vermehrtem Auftreten von Bluthochdruck (Hypertonie) und Herzkrankheiten assoziiert sein. Ferner sind Schlafstörungen bei nächtlichem Fluglärm beschrieben. Das bedeutet, man müsste eine Assoziation mit der Verordnung von Antihypertensiva und Cardia sehen sowie mit der Verordnung von Arzneimitteln zur Behandlung von Schlafstörungen. Dies sind Tranquilizer/Sedativa/Hypnotika sowie Antidepressiva. Diese 4 Arzneimittelgruppen sollen im Folgenden als „Kandidatenarzneimittel“ bezeichnet werden. Gleichzeitig ist zu erwarten, dass bei gleichzeitiger Verordnung mehrerer Arzneimittel aus diesen Gruppen die Aussagekraft ansteigt, da bei den betroffenen Personen von schwerwiegenden gesundheitlichen Beeinträchtigungen auszugehen ist.

##### Ergebnisse:

Bei Betrachtung der Arzneimittelgruppen folgt:

- Antihypertensiva und Cardia: Hier ergeben sich klare Assoziationen im Sinne der Erwartung. Dabei sind einerseits die Odds Ratios erhöht ( d.h. gegenüber Fluglärm exponierte Personen haben ein höheres Risiko, Antihypertensiva verschrieben zu bekommen), andererseits zeigt die multivariable Regression einen deutliche Zunahme Verordnungs menge in jeder Altersgruppe und bei beiden Geschlechtern Die ORs sind bei Frauen deutlich höher als bei Männern.
- Tranquilizer/Sedativa/Hypnotika und Antidepressiva: Für diese Gruppe finden sich in der logistischen Regression nur bei Frauen die erwarteten Assoziationen, während in der linearen Regression sowohl Männer als Frauen ab dem 40sten Lebensjahr mit zunehmender Lärmexposition eine Zunahme der verordneten Menge zeigen.
- Gastro-Intestinalia und restliche Medikamente: Für Gastro-Intestinalia findet sich kein klarer Zusammenhang mit der Fluglärmbelastung. Für die restlichen Arzneimittel ergibt sich ein signifikanter Zusammenhang, der aber schwächer ist als für die Kandidatenarzneimittel.

Zudem zeigt sich dass sich bei gleichzeitiger Verordnung von Kandidatenmedikamenten die Assoziationen verstärken.

Bei Betrachtung von Fluglärmzeitscheiben folgt:

- Die Zusammenhänge sind während der Nacht deutlicher ausgeprägt als während des Tages.
- Innerhalb der Nacht lässt sich eine tendenzielle Differenzierung erkennen. So ist für Antihypertensiva und Cardia die stärkste Assoziation mit dem Fluglärm im Zeitraum 3-5Uhr gegeben. Bei Antidepressiva ist der Zeitraum 23-1 Uhr stärker assoziiert, während für Tranquilizer/Sedativa/Hypnotika der gesamte nächtliche Zeitraum betroffen ist.

### 3.2 Vergleich von Männern und Frauen

#### Erwartung:

Aus vielen epidemiologischen Studien ist bekannt, dass Frauen sich häufiger und für längere Zeit zu Hause oder in unmittelbarer Umgebung der Wohnung aufhalten als Männer. Dadurch führt die Zuordnung des Lärmpegels am Wohnort zur Person bei den Frauen in geringerem Umfang zu Fehlklassifizierungen als bei den Männern. Somit würde man erwarten, dass bestehende Zusammenhänge bei Frauen klarer erkennbar sein sollten als bei Männern. Ferner weisen Frauen generell eine höhere Therapierate auf.

#### Ergebnisse:

Bei relativ häufig verordneten Arzneimitteln (Antihypertensiva, Cardica) zeigen Männer und Frauen Assoziationen zu Fluglärm, die aber bei den Frauen deutlich stärker sind. Bei den Arzneimitteln, die bei Männern vergleichsweise selten verordnet wurden, zeigen sich bei Männern keine Assoziationen, wohl aber bei Frauen. Somit bestätigen die gefundenen Ergebnisse die Erwartungen.

### 3.3 Expositions-Wirkungs-Beziehung

#### Erwartung:

Unter der Annahme, dass Fluglärm gesundheitliche Auswirkungen hat, sollte die Verordnung von Kandidatenarzneimitteln bei Exponierten (Personen, die in den Fluglärmbelastungszonen mit Lärmpegeln  $> 40$  dB (A) leben) höher sein als bei Nichtexponierten ( $< 40$  dB (A)). Ferner sollte die Stärke der Assoziation mit zunehmender Lärmbelastung zunehmen.

#### Ergebnisse:

- Exponierte ( $> 40$  dB (A)) zeigen für die Kandidatenarzneimittel überwiegend höhere Verordnungszahlen als nicht Exponierte ( $< 40$  dB (A)).
- Höher Exponierte ( $>$  Median) zeigen für die Verordnung von Kandidatenarzneimitteln überwiegend stärkere Assoziationen als niedriger Exponierte ( $<$  Median).
- Bei Betrachtung von 4 Quartilstufen sind schwache Assoziationen nicht mehr nachweisbar. Starke Assoziationen hingegen (Zusammenfassung mehrerer Arzneimittelgruppen, insbesondere bei Frauen) zeigen einen Expositions-Wirkungs-Zusammenhang. Hier zeigt sich, dass die Assoziation in der höchsten Belastungskategorie gegenüber der zweithöchsten etwas zurückgeht. Dazu werden in der Arbeit Selektionsmechanismen diskutiert. So ist in der Tat nicht auszuschließen, dass lärmempfindliche Personen aus der höchsten Belastungskategorie weggezogen sind bzw. gar nicht erst hingezogen sind.
- Die Analyse des Fluglärms als stetige Variable in dB (A) lieferte keine konsistenten Ergebnisse. Dies ist möglicherweise dadurch erklärbar, dass die Abschätzung der Exposition unter 46dB (A) ungenau ist. Ferner spielt hierbei möglicherweise die starke Interaktion mit dem Alter und dem Sozialstatus eine Rolle.

### 3.4 Einfluss von Straßenverkehrslärm und Schienenverkehrslärm

#### Erwartung:

Es sollte ein ähnlich starker Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm und den Arzneimittelverordnungen wie beim Fluglärm bestehen. Wenn es eine starke Korrelation zwischen Straßenverkehrslärm bzw. Schienenverkehrslärm und Fluglärm an den Wohnadressen gäbe,

wäre eine Abgrenzung der verschiedenen Lärmarten schwierig und evtl. nicht möglich. Ist die Korrelation aber schwach, so sollte die Abgrenzung gut gelingen.

#### Ergebnisse:

- Die Korrelation zwischen Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm und Fluglärm ist nur schwach ausgeprägt, d.h. es waren unterschiedliche Personen, die den verschiedenen Lärmarten ausgesetzt waren.
- Ferner zeigt sich, dass die Adjustierung sowohl für Straßenverkehrslärm als auch für Schienenlärm die Ergebnisse für den Fluglärm kaum beeinflusst.

Der Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm und den Arzneimittelverordnungen ist ähnlich stark wie beim Fluglärm und entspricht somit den Erwartungen. Durch die Etablierung dieses Zusammenhangs wird die grundsätzliche Geeignetheit des Parameters „Verordnung“ erhärtet.

- Somit ist es unwahrscheinlich, dass die Zusammenhänge zwischen Fluglärm und Arzneimittelverordnungen durch Straßenverkehrslärm oder Schienenverkehrslärm vorgetäuscht werden.

### **3.5 Einfluss des Sozialstatus**

Erwartung: Die epidemiologische Erfahrung zeigt, dass die medizinische Versorgung stark mit dem Sozialstatus korreliert, d.h. mit der Ausbildung und dem Einkommen der Menschen. Daher ist es wichtig, den Sozialstatus zu berücksichtigen. Da dies in der vorliegenden Studie nicht individuell möglich ist, wird als Hilfskonstruktion die Sozialhilfedichte verwendet. Wenn ein Zusammenhang zwischen Arzneimittelverordnung und Fluglärm besteht, sollte dieser auch innerhalb der einzelnen Sozialstatusgruppen bestehen.

Ergebnisse: In der Tat zeigt sich, dass innerhalb der Sozialhilfequartile überwiegend ein Trend besteht, dass bei zunehmender Fluglärmbelastung die Verordnung von Kandidatenarzneimitteln zunimmt. Das Ergebnis entspricht somit der Erwartung. Es gilt allerdings auch hier, dass überwiegend die Assoziation für die 3. und nicht für die 4. Quartile am stärksten ist.

### **3.6 Einfluss des Alters**

Erwartung: Es ist bekannt, dass Arzneimittelverordnungen mit dem Alter stark anwachsen. Ferner ist davon auszugehen, dass die Lärmempfindlichkeit und die Zahl der Schlafstörungen mit dem Alter zunehmen. Daher wäre bei Bestehen eines Zusammenhangs zwischen Arzneimittelverordnung und Fluglärm zu erwarten, dass sich bei älteren Menschen deutlichere Assoziationen als bei jüngeren Menschen zeigen. Um zu vermeiden, dass durch die zufällige Häufung älterer Menschen im Fluglärmbelasteten Gebiet wird zusätzlich die Häufigkeit von Altenheimen in der Auswertung berücksichtigt.

Ergebnisse: Es zeigen sich überwiegend stärkere Assoziationen in den oberen Alterskategorien. Somit werden die Erwartungen erfüllt. Wie die Adjustierung für die Dichte von Altenheimen im Untersuchungsgebiet zeigt, gibt es keinen Hinweis auf eine solche Häufung bzw. auf Verzerrungen der Ergebnisse durch die Altersverteilung im Untersuchungsgebiet. Die altersstratifizierten Ergebnisse der linearen Regression (mit Quartilen der Lärmbelastungen) zeigen in allen Altersklassen denselben Trend der erhöhten Dosen bei stärkerer Lärmbelastung.

### **3.7 Schallschutzmaßnahmen**

Erwartung: Es ist zu erwarten, dass die Assoziation zwischen Fluglärm und Arzneimittelverordnungen schwächer wird, wenn Schallschutzmaßnahmen ergriffen wurden, weil ja dadurch

die Lärmbelastung reduziert wurde. Allerdings liegen keine Informationen über tatsächlich erfolgte Schallschutzmaßnahmen vor sondern nur über das Angebot, solche Maßnahmen auf Kosten des Flughafens durchzuführen. Da ferner ausschließlich die Lärmdämmung von Schlafzimmern finanziert wurde, sollte sich diese Maßnahme vor allem bei Arzneimitteln auswirken, die zur Linderung von Schlafstörungen verordnet werden.

Ergebnisse: Es zeigt sich, dass bei Personen, die Schallschutzmaßnahmen durchführen lassen durften, die verordnete Menge von Arzneimitteln der Gruppe Tranquili-zer/Sedativa/Hypnotika niedriger war als bei den restlichen Personen.

### **3.8 Ist es möglich, dass die beobachteten Zusammenhänge durch nicht betrachtete Kovariablen oder durch verzerrende Selektionsmechanismen vorgetäuscht werden (Bias)?**

Da auf Routinedaten zurückgegriffen wurde, ist eine Verzerrung durch Selektion oder Response nicht möglich. Da die eigentlichen (medizinischen) Gründe für die Verordnung der Arzneimittel im Rahmen dieser Studie nicht bekannt waren, fehlen die medizinischen Informationen für die Verordnungen. Es ist allerdings nicht vorstellbar, dass unterschiedliche Krankheitsbedingungen, die nicht auf den Fluglärm zurückzuführen sind, eine räumliche Verteilung haben, die einen Zusammenhang zum Fluglärm vortäuschen könnten. Daher ist es als sehr unwahrscheinlich anzusehen, dass ein schwerwiegender Bias durch fehlende Information zu nicht berücksichtigten Variablen entsteht.

### **3.9 Ist es möglich, dass die bei der Auswertung berücksichtigten Kovariablen nicht in adäquater Weise einbezogen werden konnten und dass die beobachteten Zusammenhänge dadurch vorgetäuscht werden (residual confounding)?**

Es ist grundsätzlich möglich, dass wichtige Kovariablen zwar berücksichtigt wurden, die vorhandene Information aber so ungenau ist, dass die Adjustierung nur unvollständig gelingt und tatsächlich noch ein Restzusammenhang vorgetäuscht wird (residual confounding). Dies ist grundsätzlich für den Straßenverkehrslärm und den Sozialstatus vorstellbar. Da vergleichbare Assoziationen gefunden wurden ist dies unwahrscheinlich. Beim Sozialstatus ist eine enge Korrelation zwischen individuellem Sozialstatus und dem Sozialstatus in der Wohnumgebung gegeben, so dass auch hier kein Raum für starkes residual confounding besteht. Insgesamt ist somit nicht erkennbar, dass die gefundenen Ergebnisse auf residual confounding zurückzuführen sind.

## **4 Zusammenfassende Bewertung**

In der vorliegenden Studie ist ein innovativer Ansatz gewählt worden, der es gestattet, die Frage eines Zusammenhangs zwischen Fluglärm und gesundheitlichen Beeinträchtigungen auf der Grundlage von Arzneimittelverordnungen zu analysieren. Der Vorteil dieses Ansatzes liegt darin, dass Routinedaten verwendet werden, die nicht durch Selektion oder unzureichende Beteiligung verzerrt sein können. Zudem sind die Daten unabhängig der eigenen Einschätzung des Fluglärms, ein „reporting bias“ kann also ausgeschlossen werden. Ferner gelingt es auf diese Weise, einen sehr großen Studenumfang und damit eine potentiell starke statistische Aussagekraft zu erreichen.

Im Ergebnis zeigt die Studie konsistente Assoziationen zwischen Arzneimittelverordnungen für Kandidatenmedikamente, deren Vorordnung bei Krankheiten und Beschwerden erfolgt, die im Zusammenhang mit Lärmbelastungen diskutiert werden. Die Ergebnisse sind besonders klar für die Medikamentengruppen Antihypertensiva und Cardia, die zur Behandlung



von hohem Blutdruck und Herzkrankheiten verordnet werden. Zumindest bei Frauen gilt dies auch für Tranquilizer/Sedativa/Hypnotika und Antidepressiva.

Vergleicht man die Ergebnisse nach Zeitscheiben, dann sind die Assoziationen mit der Arzneimittelverordnung für Nachtlärm deutlich klarer als für Taglärm.

Die Ergebnisse sind konsistent in Hinblick auf die Geschlechtsabhängigkeit, sie sind vorhanden für die Kandidatenarzneimittel und für die unspezifische Gruppe der restlichen Arzneimittel meist schwächer ausgeprägt, es zeigen sich überwiegend stärkere Assoziationen bei höheren Fluglärmexpositionen.

Es gibt keine Hinweise, dass die Assoziationen der Arzneimittelverordnung mit dem Fluglärm durch andere Lärmarten, insbesondere Straßenverkehrslärm vorgetäuscht werden.

Es gibt eine starke Sozialstatusabhängigkeit, die sich darin zeigt, dass die Ergebnisse erst nachweisbar werden, wenn der Sozialstatus bei der Auswertung berücksichtigt wird. Dieser Sachverhalt konnte aber durch die gewählte Modellbildung adäquat behandelt werden.

Als Limitationen sind anzuführen, dass ist in der Regel nicht die höchste Lärmkategorie sondern die zweithöchste die stärksten Assoziationen zeigt. Auch spricht die Tatsache, dass ein lineares Modell keine klaren Ergebnisse geliefert hat, dafür dass offenbar kein einfacher linearer Expositions-Wirkungs-Zusammenhang besteht, was die Interpretation der Ergebnisse etwas erschwert.

Insgesamt liefert die Studie von Prof. Greiser weitgehend konsistente Ergebnisse. Bei der Interpretation ist allerdings folgendes zu beachten, worauf der Autor in seinem Projektantrag zu Recht hinweist (Greiser 2005): „Sollte sich als Ergebnis einer solchen Studie zeigen, dass in Zonen, die durch Fluglärm stärker belastet sind, im Vergleich zu weniger belasteten Zonen niedergelassene Ärzte häufiger Psychopharmaka oder Mittel zur Behandlung von Bluthochdruck bzw. Herzkrankheiten anwenden, so darf dieser Befund auf keinen Fall als kausaler Beweis dafür herangezogen werden, dass die den Verordnungen zugrunde liegenden Erkrankungen durch Fluglärm hervorgerufen wären. Dieser Schluss ist deswegen unzulässig, weil neben Lärm jeder Art für die in Frage kommenden Erkrankungen eine Vielzahl von anderen Risikofaktoren wissenschaftlich etabliert ist. Die Berücksichtigung dieser Risikofaktoren ist aber im Rahmen einer solchen ökologischen Studie unmöglich.“

Ferner ist zu beachten, dass Umweltexpositionen in der Regel keine neuen Krankheiten verursachen, sondern meist Krankheitsbilder verstärken oder verschlimmern, die durch andere Mechanismen ausgelöst wurden.

## **5 Literatur**

Ising H, Kruppa B, Babisch D, Gottlob D, Guski R, Maschke C, Spreng M (2001) Lärm. In: Handbuch der Umweltmedizin (Hrsg. Wichmann HE, Schlipkötter HW, Fülgraff G). Ecomed Verlag Landsberg Kapitel VII-1, 22. Erg Lfg 1-39

Greiser (2005) Epidemiologische Studie zur Gesundheitsgefährdung durch Fluglärm im Bereich des Flughafens Köln-Bonn – Studiendesign

Abbildung A1. Verordnung von Tranquillizern, Sedativa, Hypnotika (jemals) – Männer

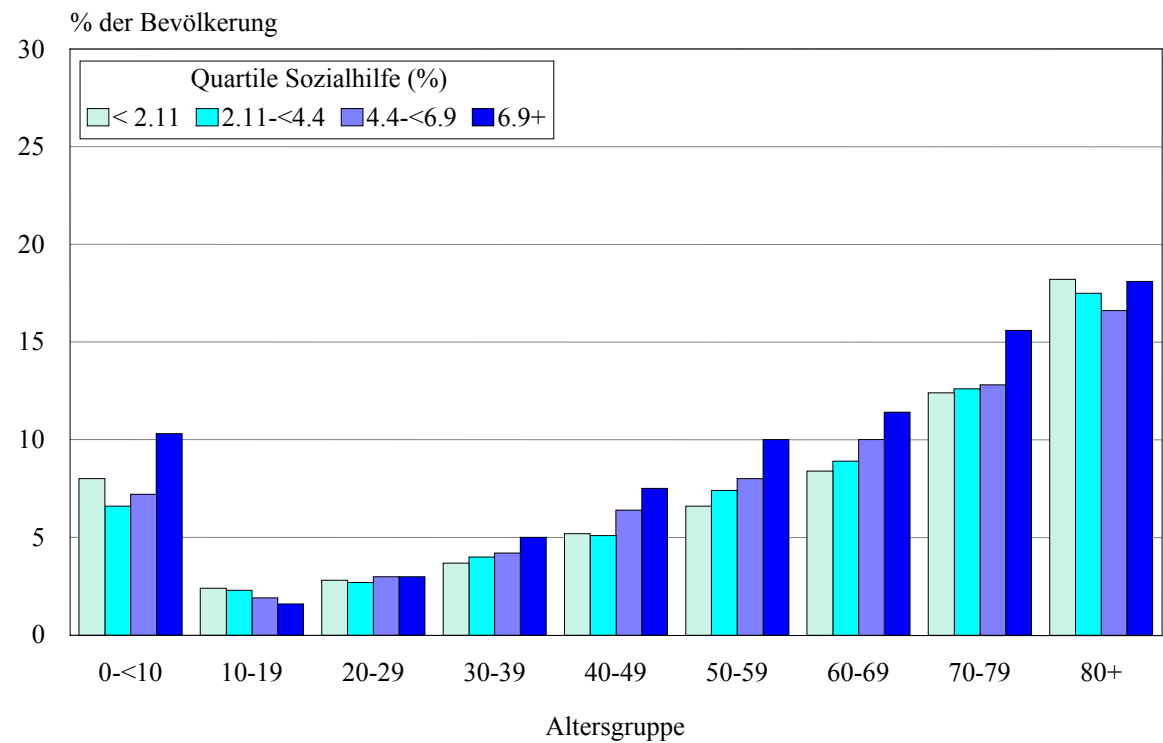


Abbildung A2. Verordnung von Tranquillizern, Sedativa, Hypnotika  
Männer mit mindestens 1 Verordnung

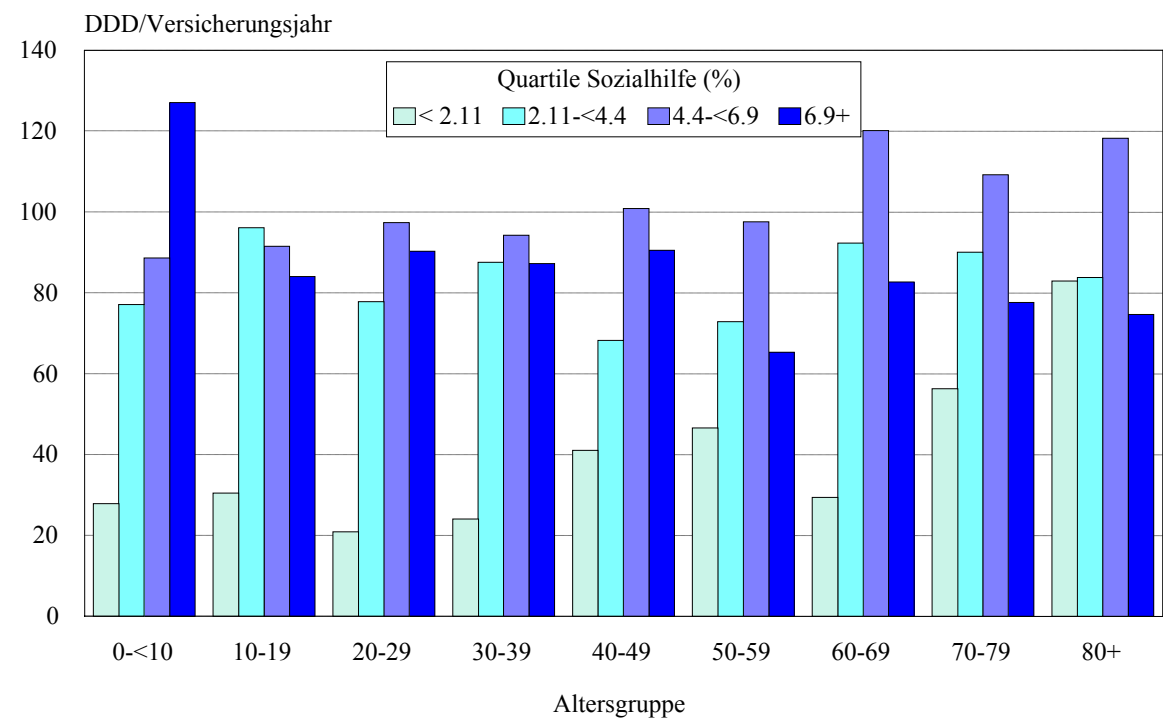


Abbildung A3. Verordnung von Tranquillizern, Sedativa, Hypnotika (jemals) - Frauen

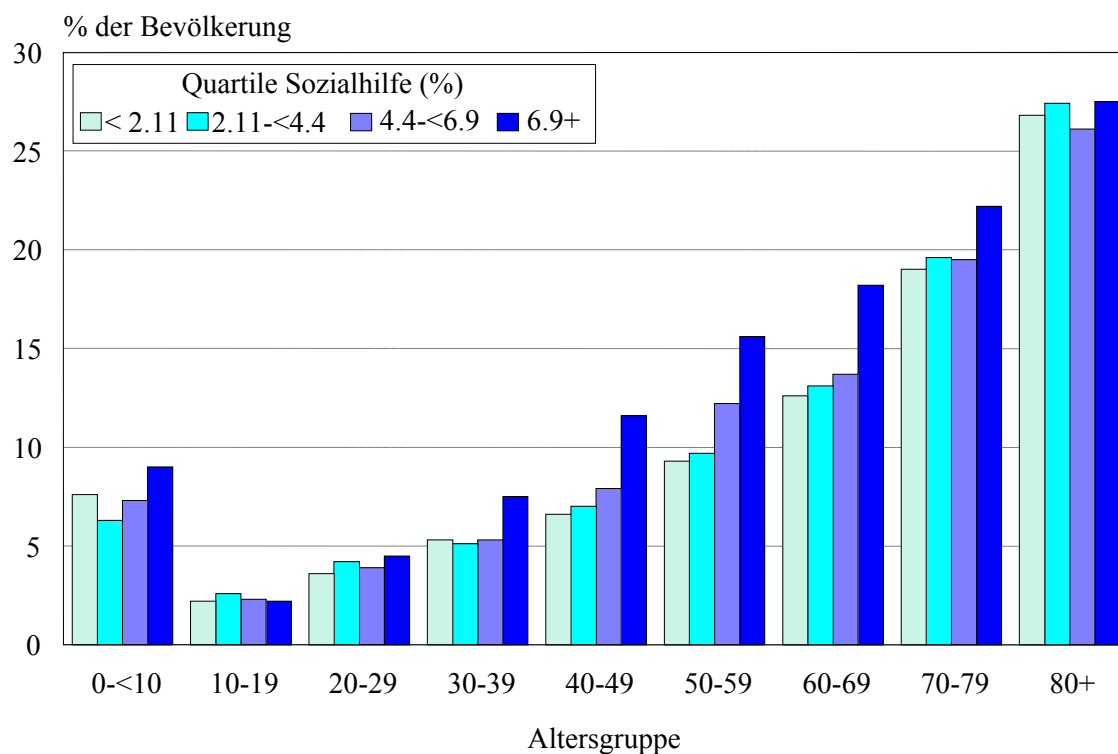


Abbildung A4. Verordnung von Tranquillizern, Sedativa, Hypnotika  
Frauen mit mindestens 1 Verordnung

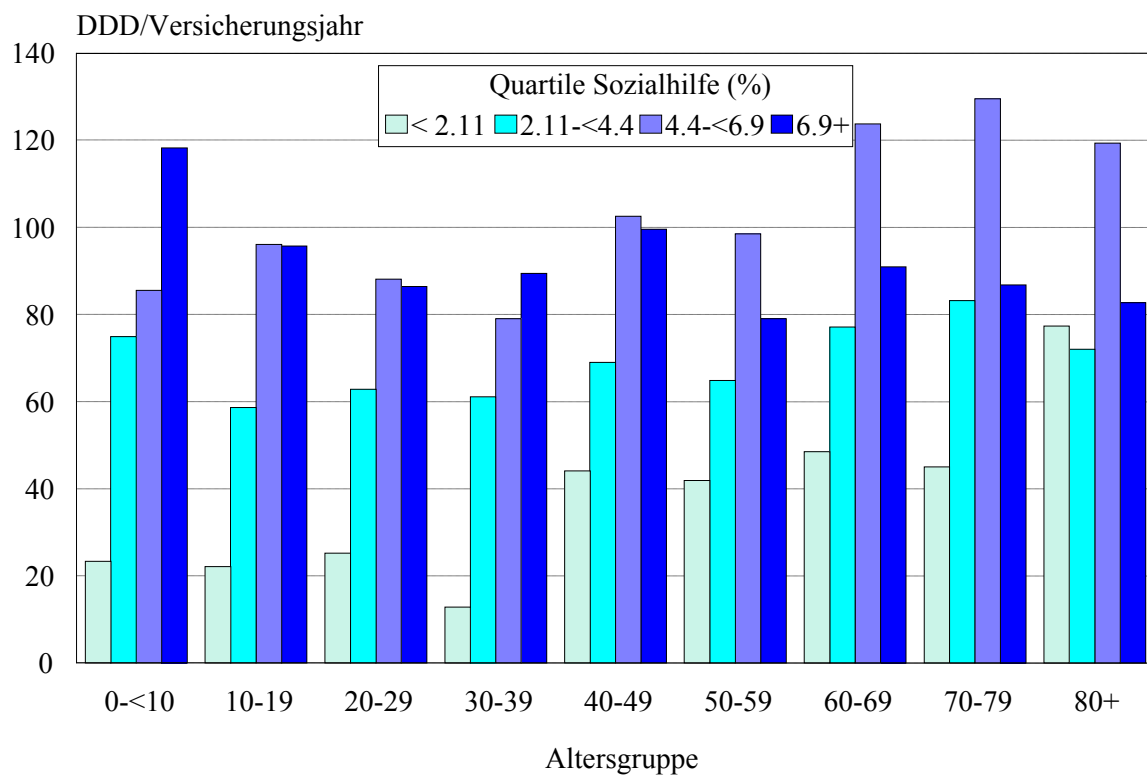


Abbildung A5. Verordnung von Antidepressiva (jemals) - Männer

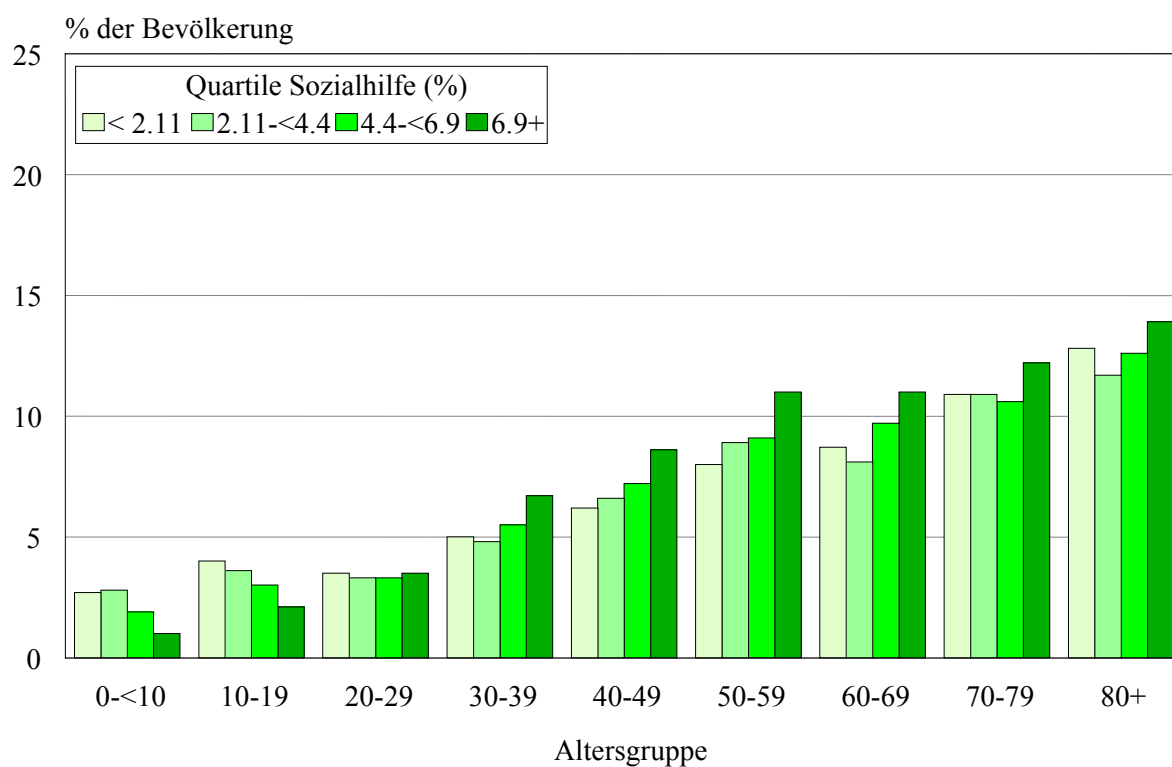


Abbildung A6. Verordnung von Antidepressiva – Männer mit mindestens 1 Verordnung

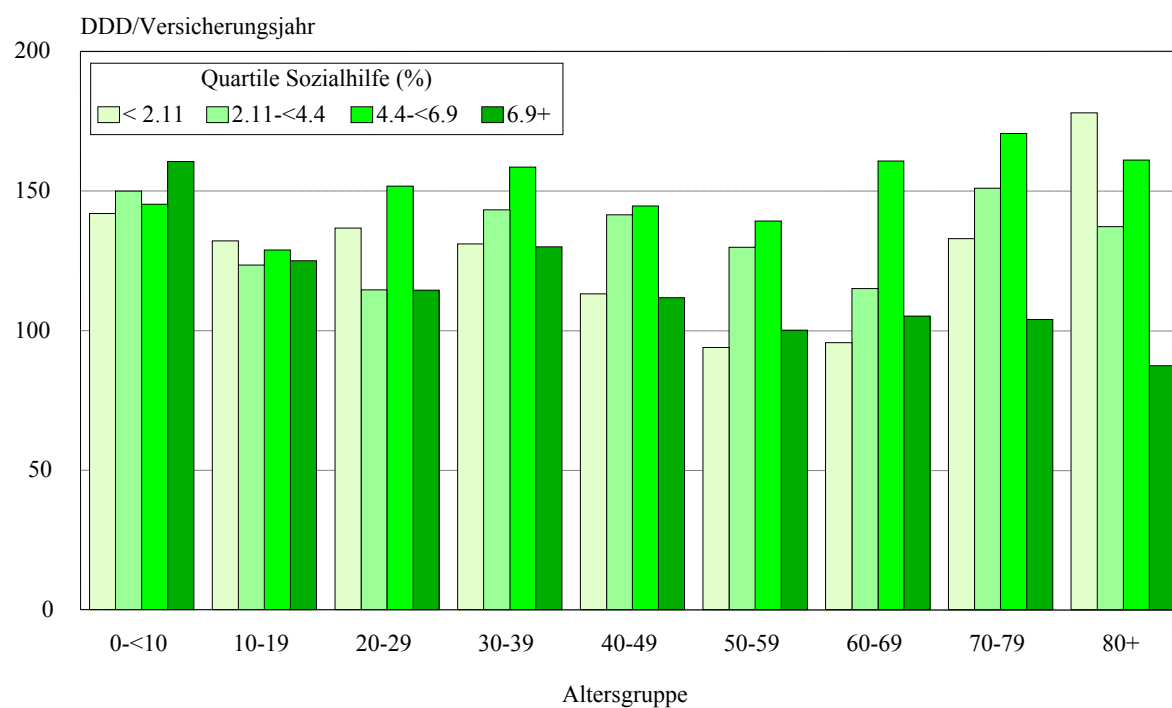


Abbildung A7. Verordnung von Antidepressiva (jemals) - Frauen

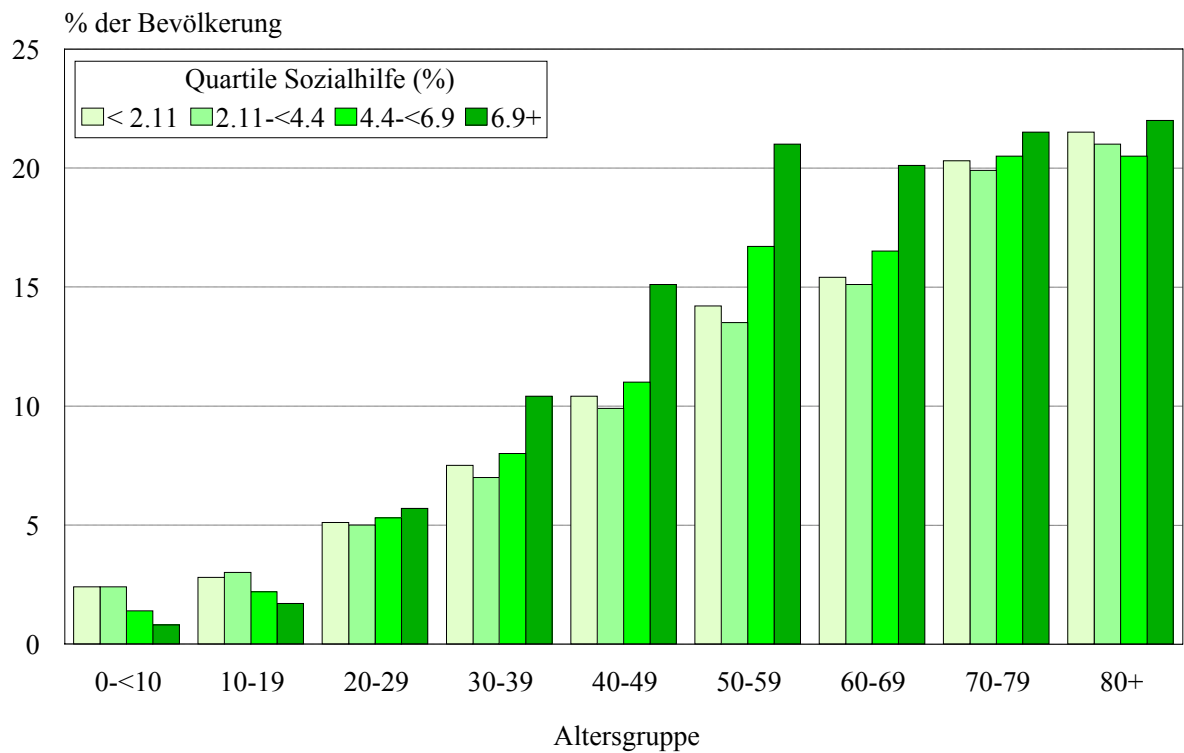


Abbildung A8. Verordnung von Antidepressiva – Frauen mit mindestens 1 Verordnung

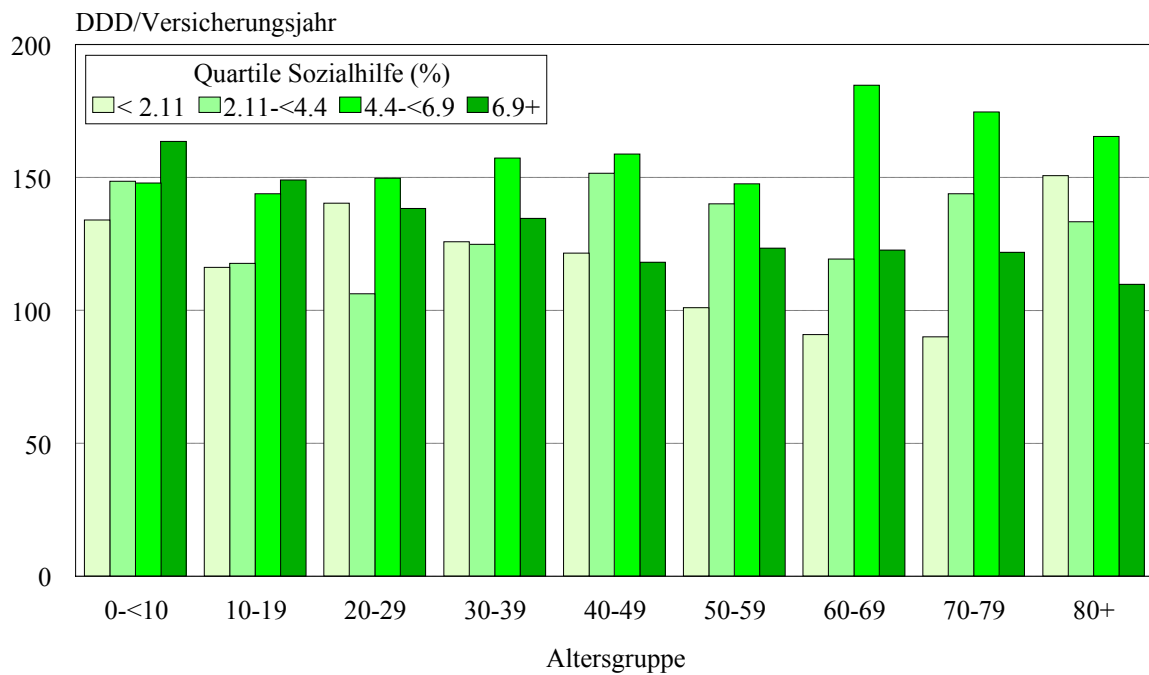


Tabelle A-1. Korrelations-Koeffizienten sämtlicher Verkehrslärm-Parameter (Datenbasis: Anschriften der gesamten Studienregion)

Legende

N0305= Fluglärm nachts 3.00-5.00 Uhr

N2301= Fluglärm nachts 23.00-1.00 Uhr

N2206= Fluglärm nachts 22.00-6.00 Uhr

T0622= Fluglärm tags 6.00-22.00 Uhr

S0622= Straßenverkehrslärm tags 6.00-22.00 Uhr

S2206= Straßenverkehrslärm nachts 22.00-6.00 Uhr

SI0622= Schienenverkehrslärm tags 6.00-22.00 Uhr

SI2206= Schienenverkehrslärm nachts 22.00-6.00 Uhr

The CORR Procedure

8 variables: n0305 n2301 n2206 t0622 si0622 si2206 s0622 s2206

Simple Statistics

variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
n0305	159567	46.10950	3.74064	7357555	40.00000	61.00000
n2301	156754	47.66192	4.77566	7471196	40.00000	64.00000
n2206	165638	46.21144	3.91111	7654371	40.00000	62.00000
t0622	100987	47.62961	4.71059	4809971	40.00000	63.00000
si0622	417407	47.26561	8.38211	19728997	35.00000	81.00000
si2206	403357	46.19537	7.95883	18633224	35.00000	82.00000
s0622	293659	63.24211	9.71659	18571615	35.00000	89.00000
s2206	290155	55.10182	9.12490	15988070	35.00000	84.00000

Pearson Correlation Coefficients

Prob > |r| under H0: Rho=0

Number of Observations

	n0305	n2301	n2206	t0622	si0622	si2206	s0622	s2206
n0305	1.00000	0.42592	0.73132	0.72096	-0.30045	-0.40729	0.04381	0.11354
		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
	159567	81244	110903	92756	79930	75034	76756	76217

n2301	0.42592 <.0001 81244	1.00000 156754	0.86730 <.0001 135003	0.83950 <.0001 77924	-0.07406 <.0001 112792	-0.00541 0.0770 106712	0.10488 <.0001 116499	0.17399 <.0001 116030
n2206	0.73132 <.0001 110903	0.86730 <.0001 135003	1.00000 165638	0.91061 <.0001 88253	-0.16872 <.0001 106370	-0.13202 <.0001 101115	0.12914 <.0001 109012	0.20744 <.0001 108251
t0622	0.72096 <.0001 92756	0.83950 <.0001 77924	0.91061 <.0001 88253	1.00000 100987	-0.34490 <.0001 53824	-0.36070 <.0001 49763	0.10152 <.0001 57512	0.23076 <.0001 57512
si0622	-0.30045 <.0001 79930	-0.07406 <.0001 112792	-0.16872 <.0001 106370	-0.34490 <.0001 53824	1.00000 417407	0.96420 <.0001 400158	0.22285 <.0001 284738	0.20777 <.0001 281686
si2206	-0.40729 <.0001 75034	-0.00541 0.0770 106712	-0.13202 <.0001 101115	-0.36070 <.0001 49763	0.96420 <.0001 400158	1.00000 403357	0.21182 <.0001 273273	0.20277 <.0001 270551

Pearson Correlation Coefficients								
Prob >  r  under H0: Rho=0								
Number of Observations								
	n0305	n2301	n2206	t0622	si0622	si2206	s0622	s2206
s0622	0.04381 <.0001 76756	0.10488 <.0001 116499	0.12914 <.0001 109012	0.10152 <.0001 57512	0.22285 <.0001 284738	0.21182 <.0001 273273	1.00000 293659	0.97868 <.0001 290153
s2206	0.11354 <.0001 76217	0.17399 <.0001 116030	0.20744 <.0001 108251	0.23076 <.0001 57512	0.20777 <.0001 281686	0.20277 <.0001 270551	0.97868 <.0001 290153	1.00000 290155



Tabelle A-2. Prävalenz (%) der kombinierten Verordnung von Arzneimitteln aus verschiedenen Arzneimittelgruppen während des Versicherungszeitraums.

Geschlecht	Altersgruppe	Versicherte	Antihypertensiva + Cardiac	Antihypertensiva + Cardiac + Tranquillizer, Sedati- va, Hypnotika	Antihypertensiva + Cardiac + mindestens 1 „restliches“ Arzneimit- tel
Männlich	< 10	115.099	3.26	0.61	3.21
	10 -< 20	35.051	0.04	0.00	0.04
	20 -< 30	44.359	0.12	0.01	0.11
	30 -< 40	50.752	0.77	0.16	0.74
	40 -< 50	47.321	3.95	0.74	3.76
	50 -< 60	35.408	13.31	2.48	12.77
	60 -< 70	37.447	26.01	4.82	24.71
	70 -< 80	21.574	37.95	8.46	36.89
	80 +	90.18	40.53	11.07	39.92
	Alle	396.029	8.17	1.68	7.89
Weiblich	< 10	109.945	3.26	0.63	3.20
	10 -< 20	33.394	0.08	0.01	0.08
	20 -< 30	45.415	0.21	0.06	0.21
	30 -< 40	45.496	0.67	0.23	0.65
	40 -< 50	44.720	2.69	0.83	2.60
	50 -< 60	36.614	9.40	2.69	9.10
	60 -< 70	39.680	21.86	6.01	20.97
	70 -< 80	30.437	37.39	11.36	36.37
	80 +	27.649	42.79	16.51	41.91
	Alle	413.350	9.81	3.05	9.53

**Hinweis:** Im Bericht November 2006 wurde hier irrtümlich eine falsche Tabelle eingefügt.



UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES  
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,  
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 298 62 515  
UBA-FB 000387



# **Epidemiologische Untersuchungen zum Einfluss von Lärmstress auf das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose**

von

**PD Dr.-Ing. Christian Maschke**  
**Dr. med. Ute Wolf**  
**Dipl.-Ing. Thilo Leitmann**

Robert Koch-Institut, Berlin

Diese WaBoLu-Veröffentlichung kann bezogen werden bei

**Vorauszahlung von 10,00 Euro**

durch Post- bzw. Banküberweisung,  
Verrechnungsscheck oder Zahlkarte auf das

Konto Nummer 4327 65 - 104 bei der  
Postbank Berlin (BLZ 10010010)  
Fa. Werbung und Vertrieb,  
Ahornstraße 1-2,  
10787 Berlin

Parallel zur Überweisung richten Sie bitte  
eine schriftliche Bestellung mit Nennung  
der **WaBoLu-Hefte-Nummer** sowie des **Namens**  
und der **Anschrift des Bestellers** an die  
Firma Werbung und Vertrieb.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr  
für die Richtigkeit, die Genauigkeit und  
Vollständigkeit der Angaben sowie für  
die Beachtung privater Rechte Dritter.  
Die in dem Gutachten geäußerten Ansichten  
und Meinungen müssen nicht mit denen des  
Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber: Umweltbundesamt -  
Postfach 33 00 22  
14191 Berlin  
Tel.: 030/8903-0  
Telex: 183 756  
Telefax: 030/8903 2285  
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet II 2.1  
Dr. Wolfgang Babisch

Berlin, Februar 2003

## Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer	2.	3.
4. Titel des Berichts <p style="text-align: center;"><b>Epidemiologische Untersuchungen zum Einfluss von Lärmstress auf das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose</b></p>		
5. Autor(en), Vorname(n), Name(n) PD Dr.-Ing. Christian Maschke, Dr. med. Ute Wolf, Dipl.-Ing. Thilo Leitmann	8. Abschlussdatum 31.07.2002	
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Robert Koch Institut FG 23 / Umweltmedizin Seestraße 10, 13353 Berlin	9. Veröffentlichungsdatum	
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt Postfach 33 00 22 14191 Berlin	10. UFOPLAN-Nr 298 62 515	
11. Seitenzahl 402	12. Literaturangaben 262	
13. Tabellen und Diagramme 146	14. Abbildungen 242	
15. Zusätzliche Angaben Der Bericht wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Psychosoziale Gesundheit, Berlin (I.P.S.G.) erstellt.		
16. Zusammenfassung <p>In der Studie wurde die Prävalenz ärztlicher Behandlungen von stressvermittelten Erkrankungen in Abhängigkeit von der Verkehrslärmbelastung der Probanden an der Wohnadresse ausgewertet. Als potenzielle Störvariablen wurden der „Alkoholkonsum“, der „Tabakkonsum“, „Bewegung im Beruf“, die „Sportliche Aktivität“, das „Lebensalter“, das „Geschlecht“, der „Body Mass Index“, der „Sozio-ökonomische Index“, die „Lärmempfindlichkeit“, die „Hörfähigkeit“ der „Partnerverlust in der Ehe“, sowie die „Jahreszeit der Untersuchung“ bei der statistischen Auswertung berücksichtigt. In der Studie zeigten sich Zusammenhänge zwischen Beeinträchtigungen des Herz-Kreislaufsystems (am Beispiel Hypertonie), des Stoffwechsels (erhöhte Blutfette) sowie des Immunsystems (Asthma) und dem nächtlichen äquivalenten Dauerschallpegel am Wohnort der Probanden (22:00–6:00 Uhr). Dabei wurden zum Teil monoton steigende Dosis-Wirkungs-Beziehungen gefunden. Bei der Prävalenz von Bluthochdruck, Angina pectoris und erhöhten Blutfetten war der Zusammenhang mit der subjektiven Lärmexposition (Lärmbelästigung) geringer als mit der objektiven Lärmexposition (Schallpegel). Ebenso wie die lärmbedingte Gestörtheit zeigte der äquivalente Dauerschallpegel am Tage (6:00–22:00 Uhr) einen deutlich geringeren Zusammenhang mit den untersuchten Risikofaktoren und Krankheiten als die nächtliche Verkehrslärmexposition. Hiervon ausgenommen waren psychische Störungen, für die ein starker signifikanter Zusammenhang mit der lärmbedingten Gestörtheit am Tage bestand. Die Ergebnisse insgesamt weisen darauf hin, dass die nächtliche Schalllast eine Ursache in der multifaktoriellen Genese der betrachteten Krankheiten sein könnte.</p>		
17. Schlagwörter Straßenverkehrslärm, Fluglärm, Dauerschallpegel, Tag, Nacht, Gesundheit, Dosis-Wirkungs-Beziehung, Hypertonie, Angina pectoris, Myocardinfarkt, Migräne, chronische Bronchitis, Asthma, Diabetes, Krebs, Cholesterin, Schilddrüse, psychische Störungen.		

## Report Cover Sheet

1. Report No.	2.	3.
4. Report Title <b>Epidemiological examinations of the influence of noise stress on the immune system and the emergence of arteriosclerosis</b>		
5. Author(s), First Name(s), Family Name(s) PD Dr.-Ing. Christian Maschke, Dr. med. Ute Wolf, Dipl.-Ing. Thilo Leitmann	8. Report Date 31.07.2002	
	9. Publication Date	
6. Performing Organisation (Name, Address) Robert Koch Institut FG 23 / Umweltmedizin Seestraße 10, 13353 Berlin, Germany	10. UFOPLAN-Ref. No. 298 62 515	
	11. No. of Pages 402	
7. Funding Agency (Name, Address) Umweltbundesamt Postfach 33 00 22 14191 Berlin, Germany	12. No. of References 262	
	13. No. of Tables, Diagrams 146	
	14. No. of Figures 242	
15. Supplementary Notes The report was made in cooperation with the Institute for Psycho-Social Health (I.P.S.G.), Berlin.		
16. Abstract <p>The study evaluates the prevalence of treatments of stress-related diseases and their dependence on the traffic noise exposure at the home address of the test persons. The statistical evaluation took into account the effects of "age", "sex", "consumption of alcohol", "consumption of tobacco", "professional mobility", "sports", "body mass index", "social-economic index", "loss of spouse", "hearing ability", "noise sensitivity" and "season of the examination" as possible confounding factors. The study found associations between impairments of the heart circulation system (e.g. with hypertension), the metabolism (e.g. with increased blood fats) as well as the immune system (e.g. with asthma), and the nightly equivalent sound level (22:00-6:00 hours) at the place of residence of the test persons. In some cases monotonously increasing dose-effect relationships were seen. With respect to the prevalences of high blood pressure, angina pectoris and increased blood lipids, the associations with subjective indicators of noise exposure (noise annoyance) were smaller than with objective indicators (sound level). Similar to noise annoyance, the equivalent sound level during the day (6:00 for 22:00 hours) was much less associated with the examined risk factors and diseases than with the nocturnal sound exposure. On the other hand, for mental diseases a strong and significant association with noise annoyance during day was found. All in all, the results suggest that the nightly sound exposure might be a possible cause of the multifactorial genesis of the diseases considered in the study.</p>		
17. Keywords street traffic noise, aircraft noise, sound level, day, night, health, dose-effect-relationship, hypertonia, angina pectoris, myocardial infarction, migraine, chronic bronchitis, asthma, diabetes, cancer, cholesterol, thyroid gland, mental diseases		
18. Price	19.	20.

# ZUSAMMENFASSUNG

Unter der Bezeichnung "Spandauer Gesundheits-Survey" (SGS) wird seit 1982 eine Längsschnittuntersuchung durchgeführt, die vom Robert Koch-Institut in Zusammenarbeit mit dem Bezirksamt Spandau (Gesundheitsamt) geleitet wird. In dieser Studie wird der Gesundheitszustand der Teilnehmer periodisch im zeitlichen Abstand von zwei Jahren untersucht, um allgemeingültige Präventionsstrategien abzuleiten. Anders als bei vielen anderen epidemiologischen Studien, denen ein expliziter Ziehungsschlüssel der Probanden zugrunde liegt, rekrutierte sich die Spandauer Kohorte aus Personen, die sich aufgrund von Aufrufen angesprochen fühlten, an der Untersuchung teilzunehmen. Der 9. Durchgang des SGS umfasste 2015 Probanden. 1714 nahmen mindestens zum 5. mal an der Untersuchung teil.

Der Spandauer Gesundheits-Survey soll den Teilnehmern auch die Möglichkeit geben, den eigenen Gesundheitszustand über mehrere Jahre regelmäßig kontrollieren zu lassen, auffällige gesundheitliche Veränderungen frühzeitig zu erkennen und diese ggf. schnell einer ärztlichen Behandlung zuzuführen. Beim Vorliegen von Risikofaktoren (Übergewicht, Bluthochdruck, Störungen des Fettstoffwechsels usw.) wurden den Probanden gezielt Hinweise auf die vom Bezirksamt angebotenen Präventionsmaßnahmen und Kurse zur Gesundheitsförderung gegeben. Die in der Studie durchgeführten klinischen und anamnestischen Erhebungen umfassten unter anderem Befragungen, Messungen und ärztliche Gespräche zu:

- sozio-ökonomischen Daten (Alter, Geschlecht, Bildung, Beruf, Familienstand usw.)
- Ernährung (u.a. Fetthaushalt, Flüssigkeitshaushalt)
- Alkohol- und Tabakkonsum
- Gesundheitszustand
- aktive Gesundheitsprävention

sowie:

- Blutdruck
- Urinuntersuchung
- Größe und Gewicht
- Atemfunktionsprüfung
- Blutuntersuchung

Alle Teilnehmer erhielten über ihren „Gesundheitscheck“ eine zusammenfassende medizinische Beurteilung und wurden bei auffälligen Befunden aufgefordert, sich in ärztliche Behandlung zu begeben.

Mit dem SGS konnte demzufolge ein Kollektiv, das überwiegend aus älteren, gesundheitsbewussten Probanden bestand, über viele Jahre medizinisch beobachtet und betreut

werden. Der Survey ermöglicht somit vergleichende Längsschnitt-Analysen. Nahezu die Hälfte aller Teilnehmer der Spandauer Untersuchung gab im 9. Durchgang an, sehr stark (14 %) oder stark (35 %) auf die eigene Gesundheit zu achten. Nur etwa 5 % der Teilnehmer achteten darauf weniger oder gar nicht. Im Mittel waren die Probanden 60 Jahre alt. Der jüngste Teilnehmer gab ein Alter von 18 Jahren an, der älteste Teilnehmer ein Alter von 90 Jahren.

Zusätzlich zu der obligatorischen Datenerhebung wurde im 9. Durchgang des SGS die Geräuschbelastung der Teilnehmer außen an ihrer Wohnung erhoben, und sie wurden danach befragt, wie sehr sie sich am Wohnort durch Verkehrslärm gestört fühlen. Die Geräuschbelastung an den Wohnadressen durch Straßenverkehr wurde getrennt für den Tag und die Nacht aus der Lärmdatenbank (Lärmkarte) der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung ausgelesen. Die Datenbank stellte für jede Wohnadresse einen Kartenausschnitt zur Verfügung, der es gestattete, die Lage des Wohnhauses (der Wohnung) zur Straße zu vermessen. Die aus der Lärmkarte gewonnenen Lageinformationen wurden mit Fragebogenangaben der Versuchspersonen zur Lage der Wohn- und Schlafräume abgeglichen bzw. ergänzt. Auf diesen Datengrundlagen wurden die Untersuchungspersonen in 5 dB(A)-Kategorien des A-bewerteten energieäquivalenten Dauerschallpegels (Immissionspegel) eingruppiert.

In einer Unterstichprobe des SGS (96 Wohnadressen) wurde der energieäquivalente Dauerschallpegel über 24 Stunden hinweg an der Fassade der Wohnungen der Probanden gemessen. Mit Hilfe der gemessenen Dauerschallpegel für den Tag und die Nacht wurden die „Datenbankpegel“ überprüft und Korrekturfaktoren für die Lagekategorien der Wohnungen ermittelt. Zusätzlich wurde für jede Wohnadresse die retrospektive Schallbelastung durch Straßenverkehr für die Jahre 1982 und 1993 erhoben. Ein Vergleich der Dauerschallpegel zeigte, dass sich die Geräuschbelastung der Wohnorte durch Straßenverkehr seit 1993 nicht wesentlich verändert hatte. Zum Zeitpunkt der Untersuchung lebten mehr als 50 % der Probanden länger als 25 Jahre, 75 % länger als 15 Jahre und 85 % länger als 10 Jahre in der angegebenen Wohnung. Die lange Wohndauer und die seit 1993 gleichbleibende Geräuschbelastung der Spandauer Probanden ermöglichen es, mit dem SGS chronische Auswirkungen einer Lärmbelastung auf die Gesundheit zu erfassen. Bei Teilnehmern, die an ihrem Wohnort mit Fluglärm belastet waren, ging zusätzlich die Fluglärmbelastung anhand der Fluglärmzonen des Flughafens Berlin-Tegel in die Auswertung ein.

Zusätzlich zur Standardbefragung im SGS wurde mit den Fragen „Wie stark fühlen Sie sich in ihrer Wohnung / Ihrem Haus durch folgende Lärmquellen am Tage (in der Nacht) gestört“ die individuelle Störung durch Straßenverkehrslärm, durch Fluglärm und durch Schienen- sowie Gewerbelärm erhoben. Neben den lärmbedingten Störungen wurde mit dem Lärmfragebogen auch die Lärmempfindlichkeit der Probanden erfasst und die Lageinformationen von Wohn- und Schlafraum in Bezug zu den umgebenden Straßen gewonnen. Insgesamt füllten 1801 Probanden den zusätzlich ausgegebenen Lärmfragebogen aus.

Die Überprüfung von statistischen Zusammenhängen zwischen der Lärmbelastung und gesundheitlichen Wirkungsendpunkten muss dem Umstand gerecht werden, dass sowohl bei Erkrankungen als auch Risikofaktoren von einer multifaktoriellen Beeinflussung ausgegangen werden muss. Bei der Studiauswertung müssen daher multiple statistische Verfahren eingesetzt werden, die sich an dem Pathogenesemechanismus und dem Skalenniveau der



erhobenen Variablen orientieren. In dieser Studie kam die multiple logistische Regressionsrechnung zum Einsatz. Mit ihr kann ein Schätzer („Odds-Ratio“, OR) für das relative Risiko des Eintritts eines Ereignisses (z. B. Prävalenz einer Erkrankung) in Abhängigkeit von dem zu untersuchenden Faktor (z. B. der Geräuschbelastung, der Lärmbelastigung) unter gleichzeitiger Berücksichtigung von anderen Einflussfaktoren (Kontrollvariablen) bestimmt werden. In den Auswertungen wurden insgesamt 12 Kontrollvariablen berücksichtigt, bei denen insbesondere bezüglich Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems von einer Einflussnahme auszugehen war. Es sind dies das „Lebensalter“, das „Geschlecht“, der „Body Mass Index“, der „Sozio-ökonomische Index“, der „Partnerverlust in der Ehe“, der „Alkoholkonsum“, der „Tabakkonsum“, „Bewegung im Beruf“, die „Sportliche Aktivität“, die „Lärmempfindlichkeit“, die „Hörfähigkeit“ sowie die „Jahreszeit der Untersuchung“. In bezug auf andere betrachtete Wirkungs-Endpunkte (z. B. aus dem immunologisch/allergisch vermittelten Bereich) ist der Kontrollvariablensatz jedoch als weniger vollständig zu betrachten, was eine zurückhaltende Interpretation diesbezüglicher statistische Lärmeffekte erfordert.

Die Lärm-bezogenen Auswertungen erfolgten in der „Arbeitsstichprobe Lärm“ (N = 1718), für die vollständige Angaben im Lärm-Fragebogen vorlagen. Es ergaben sich statistische Zusammenhänge zwischen der nächtlichen Verkehrsgeräuschbelastung am Wohnort der Probanden (22:00–6:00 Uhr) und Beeinträchtigungen des Herz-Kreislaufsystems (Behandlung aufgrund von Hypertonie), des Immunsystems (Behandlung von Asthma) und des Stoffwechsels (Behandlung aufgrund erhöhter Blutfette). Im Gegensatz zum nächtlichen Verkehrslärmpegel wies der äquivalente Dauerschallpegel am Tage (6:00–22:00 Uhr) einen deutlich geringeren Zusammenhang mit der Prävalenz ärztlicher Behandlungen der genannten Krankheiten auf (Ausnahme chronische Bronchitis). Bei der Prävalenz ärztlicher Behandlungen von psychischen Störungen zeigte sich dagegen ein starker Zusammenhang mit der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tage.

Im folgenden werden einige Untersuchungsergebnisse kurz vorgestellt. Bei den statistischen Auswertungen wurde zwischen der „Perioden-Prävalenz“ (ärztliche Behandlung im Intervall zwischen dem 8. und 9. Durchgang des SGS) und der „Lebenszeit-Prävalenz“ (ärztliche Behandlung irgendwann im Laufe des Lebens) unterschieden. Als Effekt-Schätzer wird jeweils das relative Risiko (berechnet als Odds-Ratio (OR)) mit dem zugehörigen Vertrauensbereich (95%-Konfidenzintervall (KI)) angegeben.

Bezüglich ärztlicher Behandlungen wegen **Hypertonie** war bei der Perioden-Prävalenz eine signifikante Erhöhung des relativen Risikos zu verzeichnen, wenn der nächtliche äquivalente Dauerschallpegel des Straßenverkehrs an den Wohnungen der Probanden über 55 dB(A) lag. Das relative Risiko lag im Vergleich zu Probanden aus Straßen mit einem äquivalenten Dauerschallpegel unter 50 dB(A) (Referenzkategorie) bei annähernd OR=1,9 (KI=1,1-3,2). Wurden nur Probanden in die Analyse aufgenommen, für die in den letzten zwei Jahren kein Wohnungswechsel zu verzeichnen war, so ergab sich ein ähnlicher Befund. Bei einem Außenpegel über 55 dB(A) und geöffnetem Schlafzimmerfenster stieg das relative Risiko hypothesenkonform (größere Lärm-Effekte bei höherem Innenraumpegel) auf OR=6,1 (KI=1,3-29,2) im Vergleich zu Probanden, die mit geöffnetem Fenster schliefen und deren nächtlicher äquivalenter Dauerschallpegel vor dem Schlafzimmerfenster unter 50 dB(A) lag. Auch die Auswertung der retrospektiven Anamnesedaten bestätigte die besondere Bedeutung der nächtlichen Schallbelastung bei der Ausbildung einer Hypertonie. Das Risiko für eine

Hypertoniebehandlung war auch bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz bei Probanden mit einem nächtlichen Dauerschallpegel über 55 dB(A) mit  $OR=1,8$  ( $KI=1,1-2,9$ ) signifikant erhöht.

Das Risiko für ärztliche Behandlungen wegen **erhöhter Blutfette** war mit  $OR=1,5$  ( $KI=0,9-2,5$ ) hypothesenkonform erhöht (Perioden-Prävalenz) und grenzwertig signifikant, wenn der nächtliche äquivalente Dauerschallpegel des Straßenverkehrs bei den Probanden über 55 dB(A) lag (im Vergleich zu denen, bei denen er unter 50 dB(A) lag). Bei einem Außenpegel von 55 dB(A) und geöffnetem Schlafzimmerfenster erhöhte sich das Risiko hypothesenkonform auf  $OR=1,8$  ( $KI=0,6-5,4$ ) im Vergleich zu Probanden, die in der Referenzkategorie (unter 50 dB(A)) mit geöffnetem Fenster schliefen, war aber nicht signifikant. Bei der Auswertung der Behandlungen aufgrund erhöhter Blutfette im Laufe des Lebens (Lebenszeit-Prävalenz) stellten sich die Befunde mit einem Schätzer für das relative Risiko von  $OR=1,5$  ( $KI=0,9-2,3$ ) ähnlich dar.

Das Risiko für ärztliche Behandlungen **chronischer Bronchitis** (Perioden-Prävalenz) zeigte eine nicht signifikante Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel des Straßenverkehrs am Tage. Es war gegenüber der Referenzkategorie (unter 55 dB(A)) in allen Pegelklassen erhöht ( $OR$ 's zwischen 1,6 und 3,6), nahm aber entgegen der Hypothese bei höheren Schallpegeln (Kategorien >60-65 dB(A) und >65 dB(A)) mit steigender Schallbelastung ab. Für die nächtliche Geräuschbelastung war kein Zusammenhang mit den ärztlichen Behandlungen aufgrund chronischer Bronchitis zu verzeichnen. Bei der Lebenszeit-Prävalenz bestätigte sich das heterogene Bild. Für den äquivalenten Dauerschallpegel am Tage ergab sich hier zwar ein signifikant erhöhtes relatives Risiko für Probanden mit Wohnungen in der Schallpegelklasse 60-65 dB(A) von  $OR=2,7$  ( $KI=1,0-7,4$ ), allerdings lag das relative Risiko in der höchsten Lärmkategorie (über 65 dB(A)) leicht unter 1. Insgesamt waren keine Dosis-Wirkungs-Zusammenhänge zu verzeichnen.

Das Risiko für ärztliche Behandlungen von **Asthma bronchiale** (Perioden-Prävalenz) zeigte keine nennenswerte Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel des Straßenverkehrs am Tage oder in der Nacht. Die Auswertung der Behandlungen im Laufe des Lebens (Lebenszeit-Prävalenz) ergab dagegen ein anderes Bild. Mit dem äquivalenten Dauerschallpegel am Tage wurde zwar kein signifikanter Zusammenhang nachgewiesen, doch zeigten sich steigende relative Risiken mit zunehmender Schallbelastung. Bezüglich der Schallbelastung in der Nacht ergab sich aus den Anamnesedaten zur Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen aufgrund von Asthma bronchiale ein signifikant erhöhtes Risiko von  $OR=1,5$  ( $KI=1,0-2,5$ ), wenn der nächtliche äquivalente Dauerschallpegel 55 dB(A) überstieg.

Ein aus dem allgemeinen Stressmodell ableitbarer Wirkungsendpunkt, der in der Lärmwirkungsforschung noch nie zuvor betrachtet wurde, stellt die **Krebserkrankung** dar, die bei chronischem Lärmstress in Folge eines gestörten Immunsystems möglicherweise vermehrt auftreten könnte. Hier deutete sich in der Studie für die Behandlung von Krebserkrankungen bei der Perioden-Prävalenz, nicht jedoch bei der Lebenszeit-Prävalenz, ein Trend in Richtung eines monoton ansteigenden relativen Risikos mit steigendem nächtlichen Verkehrslärmpegel an. Das Risiko der Probanden der Schallpegelkategorie über 55 dB(A) war gegenüber denen der Referenzkategorie unter 50 dB(A) mit  $OR=4,2$  ( $KI=0,9-20,0$ ) erhöht; die statistische Signifikanz wurde jedoch verfehlt und das Vertrauensintervall für den Schätzer des relativen Risikos war sehr groß.

Das Risiko für ärztliche **Schilddrüsenbehandlungen** (Perioden-Prävalenz) zeigte im SGS keine signifikante Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel des Straßenverkehrs, weder für den Tag noch für die Nacht. Eine deutliche Abhängigkeit der Anzahl der Schilddrüsenbehandlungen zeigte sich dagegen bei der Betrachtung der Fluglärmzonen. Hier wiesen die Probanden, die in der Fluglärmzone 2 wohnten (äquivalenter Dauerschallpegel berechnet nach dem Fluglärmgesetz: >67 bis 75 dB(A)), ein signifikant erhöhtes relatives Risiko von  $OR=3,8$  ( $KI=1,3-11,3$ ) gegenüber denen außerhalb der Fluglärmzone 3 auf (<62 dB(A), gemäß Raumordnungsplanung). Bei Personen mit Wohnungen innerhalb der Fluglärmzone 3 (62 bis 67 dB(A)) war das Risiko leicht erniedrigt. Auch bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz ergab sich ein erhöhtes, aber nicht signifikantes, Risiko für Probanden, die in der Fluglärmzone 2 wohnten von  $OR=2,3$  ( $KI=0,7-7,2$ ).

Das Risiko für ärztliche Behandlungen von **psychischen Störungen** zeigte bei Betrachtung der Perioden-Prävalenz keine signifikante Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel am Tage oder in der Nacht. Jedoch deutete sich bezüglich der nächtlichen Lärmbelastung ein Trend zu einem monoton ansteigenden relativen Risiko mit zunehmendem Straßenverkehrsgeräuschpegel an. Wurden nur Probanden in die Analyse aufgenommen, für die in den letzten zwei Jahren kein Wohnungswechsel zu verzeichnen war, so erhöhte sich das relative Risiko in der Pegelklasse über 55 dB(A) hypothesenkonform von  $OR=1,8$  auf  $OR=2,0$  ( $KI=0,7-5,5$ ), erreichte aber ebenfalls keine statistische Signifikanz. Eindeutig war der statistische Zusammenhang mit der subjektiv empfundenen Störung durch Verkehrslärm am Tage. Bei der Perioden-Prävalenz von psychischen Störungen ergab sich eine hoch signifikante Risikoerhöhung von  $OR=2,7$  ( $KI=1,3-5,6$ ) für „stark“ (Kategorien 3+4+5 auf 5-stufiger Skala) gestörte Probanden gegenüber „wenig“ gestörten Probanden (Kategorien 1+2), die auch für die kombinierte Störung durch Flug- und Straßenverkehrslärm mit  $OR=2,9$  ( $KI=1,4-6,0$ ) zu verzeichnen war. Bezüglich der nächtlichen Störung durch Straßenverkehrslärm war das Risiko für die „stark“ gestörte Gruppe der Probanden dagegen mit  $OR=1,5$  ( $KI=0,7-3,1$ ) geringer und nicht mehr signifikant.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die statistischen Analysen mehrheitlich für die nächtliche Lärmbelastung (monoton steigende) Dosis-Wirkungs-Beziehungen erkennen ließen, was nach den Ergebnissen vorliegender experimenteller Studien nicht unerwartet und psychobiologisch plausibel ist. So ist die Empfindlichkeit des menschlichen Organismus (zirkadianer Rhythmus) gegenüber Lärm in der Nacht bei in der Regel stark eingeschränkter Mobilität deutlich höher als am Tage. Am Tage ist von sehr unterschiedlichen Aktivitätsprofilen der Probanden und damit unterschiedlichen Belastungssituationen auszugehen. Vor diesem Hintergrund ist für die Bewertung gesundheitlicher Risiken eine unabhängige Erhebung der nächtlichen Geräuschbelastung in Lärmwirkungsstudien nicht nur sinnvoll, sondern zu fordern. Die vorliegende Studie ist eine der wenigen epidemiologischen Studie, in der unabhängig von der Schallbelastung am Tage auch die Schallbelastung in der Nacht als unabhängigen Risikofaktor für Erkrankungen unter Dosis-Wirkungsgesichtspunkten untersucht wurde.

Ein zweiter wesentlicher Beitrag der Studie zum wissenschaftlichen Kenntnisstand ist der direkte Vergleich zwischen der objektiven Schallbelastung (äquivalente Dauerschallpegel) und der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm, im Hinblick auf den möglichen Zusammenhang mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen. Die Störung durch Lärm zeigte insgesamt einen deutlich schwächeren Zusammenhang mit der relativen Häufigkeit ärztlicher

Behandlungen als der nächtliche Dauerschallpegel an der Wohnung. Andererseits bestand ein deutlicher Zusammenhang zwischen psychischen Störungen und dem Lärmerleben (subjektiv empfundene Störung), der auch in der Literatur wiederholt berichtet wurde. Dort wird die Vermutung geäußert, dass dieser Zusammenhang stark durch nicht-akustische Komponenten bestimmt ist.

Ein dritter Aspekt dieser Studie betrifft den Vergleich zwischen Straßenverkehrslärm und Fluglärm hinsichtlich des Zusammenhangs mit den gesundheitlichen Beeinträchtigungen. Bei grober Betrachtung der Studie könnte man geneigt sein, die Ergebnisse insgesamt in Richtung einer stärkeren gesundheitlichen Beeinträchtigung durch Straßenverkehrslärm als durch Fluglärm zu interpretieren. Diese Schlussfolgerung kann jedoch bei einer detaillierteren Betrachtung nicht aufrechterhalten werden, da die Fluglärmbelastung u. a. nicht – wie beim Straßenverkehr für jede Wohnadresse aus dem aktuellen Verkehrsaufkommen berechnet – in vergleichbaren Pegelkategorien klassifiziert werden konnte wie der Straßenverkehrslärm, sondern anhand der 1976 (1984) bestimmten Fluglärmzonen quantifiziert wurde. Insofern sind direkte quantitative Vergleiche zwischen Straßenverkehrslärm und Fluglärm nicht möglich. Zusätzlich ist bei der Interpretation der Befunde zur nächtlichen Störung durch Fluglärm zu berücksichtigen, dass die überwiegend in Spandau wohnende Kohorte mit dem Fluglärm des Flughafens Berlin-Tegel belastet war und für diesen Flughafen eine besondere Nachtflugregelung besteht, die von 22:00 bis 5:00 Uhr keine planmäßigen Starts und Landungen zulässt. Ausgenommen von dieser Regelung sind verspätete Starts und Landungen planmäßiger Maschinen bis 23:00 Uhr. Die nächtliche Fluglärmbelastung in Spandau ist demzufolge im Vergleich mit anderen Verkehrsflughäfen als eher moderat einzustufen. Ein Vergleich zwischen beiden Lärmarten hinsichtlich der gesundheitlichen Wirkungen kann vor diesem Hintergrund nur mit der Lärmbelastung am Tage erfolgen. Hier bestanden in der Studie ähnliche, aber nicht signifikante, Tendenzen in Richtung eines erhöhten Risikos für Hypertonie jeweils in der höchsten Lärmkategorie.

Für die Bewertung des potenziellen Einflusses von Umweltlärm auf die untersuchten Erkrankungen besteht weiterer Forschungsbedarf. In zukünftigen Lärmstudien sollte zwischen der Lärmbelastung tags und nachts explizit unterschieden werden. Dies betrifft den Straßenverkehrslärm ebenso wie den Fluglärm. Die Ergebnisse des Spandauer Gesundheits-Survey zum Straßenverkehrslärm unterstützen die Vermutung, dass die nächtliche Lärmbelastung möglicherweise eine wesentlich stärkere Rolle bei der Entstehung gesundheitlicher Beeinträchtigungen spielt als die Lärmbelastung am Tage – insbesondere, was Beeinflussungen des Herz-Kreislaufsystems anbetrifft.

Die aus dem allgemeinen Stressmodell abgeleitete und in Lärmwirkungsexperimenten beobachtete enge Verzahnung zwischen Immunsystem, Nervensystem und endokrinem System deutete sich in dieser Studie für langjährige Verkehrsgeräuschbelastung auch auf epidemiologischer Ebene an. So ergaben sich Hinweise auf die Möglichkeit, dass die Prävalenz von ärztlichen Behandlungen aufgrund von Asthma bronchiale und Krebserkrankungen mit steigender Schallbelastung der Wohnungen der Probanden zunimmt. Dies könnte über Störungen des Immunsystems vermittelt sein. Da derartige Wirkungsmechanismen jedoch sehr komplex sind, und wesentliche andere Einflussfaktoren und Ursachen für diese Krankheiten in dieser Studie nicht kontrolliert werden konnten (z. B. arbeitsplatzbedingte Exposition, familiäre Vorbelastung), sind diese Untersuchungsergebnisse mit entsprechender Vorsicht zu interpretieren. Auch Luftschadstoffe, die im Verkehr die

gleiche Herkunft haben, wie der Lärm, könnten hier einen starken konfundierenden (Ergebnis-verzerrenden) Einfluss ausgeübt haben.

Bei der Untersuchungs-Stichprobe handelt es sich um ein selektiertes Probandenkollektiv, in dem sich aufgrund des Ziehungsschlüssels überwiegend ältere, gesundheitsbewusste Personen befanden. Es ist nicht auszuschließen, dass überproportional viele Personen mit Gesundheitsproblemen an dem Gesundheits-Survey teilnahmen, der den Probanden eine regelmäßige und umfangreiche Kontrolle ihres Gesundheitszustandes ermöglichte. Insofern wäre es möglich, dass gewissermaßen eine Risikogruppe untersucht wurde, in der Lärmeffekte sich stärker manifestieren könnten als in der Allgemeinbevölkerung.

In der vorliegenden Untersuchung wurden statistische Zusammenhänge zwischen der Umweltlärmaxposition der Probanden des SGS vorwiegend bei Wirkungsendpunkten im Bereich des Herz-Kreislauf-Systems beobachtet. Dies ist in Übereinstimmung mit einer Reihe anderer epidemiologischer Lärmstudien. Aufgrund der Vielzahl der getesteten Zusammenhänge zwischen Lärmvariablen und möglichen gesundheitlichen Wirkungen und aufgrund methodischer Grenzen (Querschnittstudie) hat die vorliegende Untersuchung in erster Linie explorativen Charakter und dient neben der Verfestigung bestehender Wirkungshypothesen auch der Ableitung von neuen Wirkungshypothesen, die in weiteren analytischen Studien zu überprüfen sind. Darüber hinaus gibt sie Hinweise auf verbesserte methodische Ansätze, was die Bestimmung und statistische Behandlung der Lärmaxposition der Untersuchungspersonen in derartigen Studien anbelangt.



## SUMMARY

Since 1982 a longitudinal survey has been carried out which is called the „Spandauer Gesundheits-Survey“ (Spandau Health Survey [SGS]). This survey is directed by the Robert Koch Institute in cooperation with the local health authorities of the borough office (“Bezirksamt”) of Berlin-Spandau. In this survey, the state of health of the participants is examined every two years, to derive general prevention strategies. Different from many other epidemiological studies, where the basis for the recruitment of subjects is an explicit sampling frame, is that the Spandauer cohort was made up of persons who heard of the study through appeals and were interested to take part in it. The 9<sup>th</sup> round of the SGS involved 2015 test subjects, 1714 took part in the study at least for the 5<sup>th</sup> time.

The Spandauer Gesundheits Survey should give the participants the possibility to have their own state of health regularly checked during several years, so that noticeable changes in their state of health can be detected early and a medical treatment can be carried out as soon as possible. In case of risk factors (overweight, high blood pressure, dysfunction of the lipid metabolism etc.) the test subjects were specifically informed about prevention measures and courses for health improvement that were offered by the Bezirksamt (borough office). The medical and case history data collected during the study comprised among other things interviews, measurements and medical consultations regarding:

- social-economic data (age, sex, education, profession, marital status etc.)
- nutrition (e. g. lipid metabolism, liquid metabolism)
- consumption of alcohol and tobacco
- state of health
- active health prevention

as well as

- high blood pressure
- examination of urine
- height and weight
- respiratory function
- blood tests.

All participants received a medical evaluation of their “health check” and were requested to go to a doctor if there were clear diagnostic findings.

The SGS was a collective of subjects, which consisted mainly of older, health-conscious persons that were observed medically and looked after for many years. Thus, the survey permits comparative analysis. Nearly half of all participants of the Spandau survey stated in the 9<sup>th</sup> round that they paid very much attention (14 %) or much attention (35 %) to their own state of health. Only about 5 % of the participants paid less or no attention to their state of

health. The average age of the participants was 60 years. The youngest participant was 18 years old, the oldest 90 years.

In addition to the obligatory data collection in the 9<sup>th</sup> round of the SGS, the noise exposure of the participants was determined outside of their homes, and they were asked how much they were disturbed by traffic noise in their homes. The sound level caused by road traffic at their homes was taken from noise maps of the Berlin Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (the “Berlin office for city development”) for the day and the night period. The database provided a map for each address, which made it possible to measure the location of the house (of the apartment) in relation to the street. This site information obtained from the noise map was completed or adjusted using questionnaire data from the subjects regarding the location of their living rooms and bedrooms. Based on these data, the study subjects were grouped into 5 dB(A)-categories of the average A-weighted continuous sound pressure level (sound “immission” level).

In a sub-sample of the SGS (96 residences) the sound pressure level was measured for 24 hours continuously at the facades of the subjects’ homes. By means of the measured sound pressure levels for day and night, the database levels were checked and correction factors for the location categories of the residences were determined. In addition, for each address the retrospective noise exposure caused by road traffic was determined for the years 1982 and 1993. A comparison of the continuous sound pressure levels showed that the noise exposure caused by road traffic at the residences had not changed significantly since 1993. At the time of the 9<sup>th</sup> round, more than 50 % of the test subjects had lived longer than 25 years, 75 % longer than 15 years and 85 % longer than 10 years in the respective residences. The long occupancy of the “Spandau” study subjects and the nearly constant road traffic noise exposure permits it to record chronic effects of the stress caused by traffic noise on the state of health by means of the SGS. For the participants, who were exposed to aircraft noise in their residences, the flight noise exposure was also considered in the evaluation, on the basis of the aircraft noise zones of the airport Berlin-Tegel.

By means of the questions „How much do you feel disturbed in your apartment / in your house by the following sound sources during the day (during the night)”, the individual disturbances by traffic noise, aircraft noise and rail and industry noise were determined. Apart from the disturbances by noise, the noise sensitivity was assessed by questionnaire, as well as information about living rooms and bedrooms in reference to the surrounding streets. In total, 1801 test subjects filled in the additional questionnaire.

The examination of statistical associations between the noise exposure and health outcomes must account for the fact, that both diseases and risk factors are affected by many different factors. Therefore, multiple statistical methods must be considered in the analyses that are orientated with the pathogenic mechanism and the scales of the collected variables. In this study the multiple logistic regression-technique was applied. “Odds ratios” (OR) were calculated as estimators of the relative risk for the occurrence of an event (e.g. prevalence of a disease) and its dependence on the examined factor (noise exposure) and maybe other influencing factors (control variables). In total, 12 control variables were included in the logistic regression, which in the case of diseases of the cardiovascular system, are assumed to influence the result. These variables were “age”, “gender”, “body mass index”, “social-economic index”, “loss of spouse”, “consumption of alcohol”, “consumption of tobacco”, “physical activity at work”, “sports”, “noise sensitivity”, “hearing ability” and “season of the



examination". With respect to other health endpoints (e.g. the immunological/allergical mediated areas), the set of control variables has to be regarded as less complete. Therefore a careful interpretation of these statistical effects is necessary.

The noise related analyses were carried out in the sub-sample that consisted of all subjects, who had filled in the noise questionnaire (N = 1718). The study found statistical associations between the night traffic noise exposure at the residences of the test subjects (22:00–6:00 o'clock) and disorders of the cardiovascular system (medical treatment for hypertension), the immune system (medical treatment for asthma) and the metabolism (medical treatment for high levels of blood lipids). The sound pressure level during the day (6:00–22:00 o'clock) however, was much less associated with the prevalence of medical treatment of the examined risk factors and diseases (exception: chronic bronchitis). For the prevalence of medical treatment of mental diseases, however, a strong association with the subjectively perceived disturbance by noise during the day was found.

Some findings are briefly introduced below. The statistical evaluation distinguishes between the "period-prevalence" (medical treatment in the interval between the 8. and 9. round of the SGS) and the "lifetime-prevalence" (medical treatment in the course of life). As an estimator of effect, the relative risk (calculated as odds Ratio (OR)) was used and was indicated with the respective 95%-confidence interval (CI).

Regarding medical treatment for **hypertension**, a significant increase in the risk was noted for the period-prevalence, if the equivalent continuous sound pressure level of the nocturnal street traffic noise exceeded 55 dB(A). The relative risk was approximately OR=1.9 (CI=1.1-3.2) in comparison with locations where the equivalent continuous sound pressure level was below 50 dB(A) (reference category). If only test subjects were considered in the analysis that had not moved house during the last two years, marginally increased results were found. For an outside level of 55 dB(A) and an open bedroom window, the relative risk rose to OR=6.1 (CI=1.3-29.2) in comparison with other test subjects who slept with open window where the sound pressure level during the night outside their bedroom window was below 50 dB(A). The evaluation of the retrospective medical history data, confirmed the special meaning of the noise exposure during the night for the development of hypertension. The risk for treatment of hypertension was also increased significantly in the course of life (lifetime- prevalence) for subjects from homes with a continuous sound pressure level during the night of more than 55 dB(A) (OR = 1.8; CI=1.1-2.9).

The risk of medical treatment for **increased blood lipids** (period-prevalence) was increased if the equivalent continuous sound pressure level of the traffic noise at the subject's homes exceeded 55 dB(A) (in comparison with test subjects from the reference category below 50 dB(A)). The odds ratio was OR=1.5 (CI=0.9-2.5) and was borderline significant. For an outside level of 55 dB(A) and with an open bedroom window, the relative risk increased in accordance with the working hypothesis to OR=1.8 (CI=0.6-5.4), but was not significant. The evaluation of treatment for increased blood lipids during lifetime (lifetime-prevalence) confirmed the increased risk for test subjects in residences with an estimated odds ratio of OR=1.5 (CI=0.9-2.3).

The relative risk of medical treatment for **chronic bronchitis** (period-prevalence) was significantly dependent on the equivalent continuous sound pressure level of the traffic noise during the day. The odds ratio was increased in comparison with the reference category for all higher noise categories (OR between 1.6 and 3.6), but contrary to the working hypothesis, no

dose-effect relationship was found. The higher risk decreased for higher sound levels categories (categories >60-65 dB(A) and >65 dB(A)). For the nocturnal noise exposure, no association was found with the medical treatment for chronic bronchitis. The evaluation of the treatments during lifetime (lifetime-prevalence) confirmed this heterogeneous finding. For the equivalent continuous sound pressure level during the day, a significant relative risk for the sound pressure level classes 60-65 dB(A) was found (OR=2.7; CI=1.0-7.4), but the relative risk in the highest noise category (more than 65 dB(A)) was close to 1. No dose-effect relationships could be observed.

The relative risk of medical treatment for **bronchial asthma** (period-prevalence) showed no significant dependence on the equivalent continuous sound pressure level of traffic noise during day or night. However, the evaluation of treatments during the course of life (lifetime-prevalence) led to a different result. Also for the equivalent continuous sound pressure level during the day no significant association was found, but with increasing noise exposure a tendency to increasing risks could be seen. As far as the noise exposure during the night is concerned, from the medial history data (lifetime-prevalence) a significant association with medical treatments for bronchial asthma could be observed, if the equivalent continuous sound pressure level during the night exceeded 55 dB(A) at the subjects' homes (OR=1.5; CI=1.0-2.5).

A health end-point derivable from the general stress model, which had never before been investigated in noise effect research, is **cancer**. Cancer illnesses could possibly appear as a result of a disturbed immune system caused by chronic noise stress. A tendency to a trend of increasing medical treatment for cancer was indicated with regard to nocturnal noise for the period-prevalence. This was not the case regarding the lifetime-prevalence. The risk of the test subjects in the nocturnal noise level category for more than 55 dB (A) was highly increased compared to the reference category of less than 50 dB(A) (OR=4.2; CI=0.9-20.0). The statistical significance was not reached, however, and the confidence interval for the estimator of the relative risk was very large.

The relative risk of medical treatment for **illnesses of the thyroid gland** (period-prevalence) showed no significant dependence on the equivalent continuous sound pressure level of street traffic noise, neither during the day nor during the night. However, a considerable dependence on the number of medical treatments of illnesses of the thyroid gland could be observed with regard to aircraft noise zones. Here the risk for the test subjects who lived in the aircraft noise zone 2 ( $L_{eq}(q=4) = 67$  to 75 dB(A)) was significantly increased to a value of OR = 3.8 (CI=1.3-11.3) compared to test subjects who lived outside the aircraft noise zone 3 ( $L_{eq}(q=4) < 62$  dB(A)). Subjects with homes within the aircraft noise zone 3 ( $L_{eq}(q=4) = 62$  to 67 dB(A)), however, had a slightly lower risk. A higher but non-significant risk for test subjects who lived in the aircraft noise zone 2 was also seen with respect to the lifetime-prevalence (OR=2.3; CI=0.7-7.2).

Regarding period-prevalence, the relative risk of medical treatment for **psychic disorders** showed no significant dependence with the equivalent continuous sound pressure level during the day. However, there was a monotone trend of increasing medical treatments of psychic disorders with increasing continuous sound pressure level during the night. If only subjects were considered who did not move house in the last two years, the relative risk of the group above 55 dB(A) increased in accordance with the working hypothesis from OR=1.8 (all subjects) to 2.0 (CI=0.7-5.5), but did not reach significance. However, there was a clear

statistical association with the subjective disturbance caused by traffic noise during the day. Regarding period-prevalence of psychic disorders, a highly significant increase in risk ( $OR=2.7$ ;  $CI=1.3-5.6$ ) was found for considerably disturbed test subjects (categories 3+4+5 on 5-graded scale) compared to less disturbed subjects (categories 1+2). This was also found for the combined disturbance caused by aircraft noise and street traffic noise ( $OR=2.9$ ;  $CI=1.4-6.0$ ). However, concerning the disturbance due to traffic noise during the night, the relative risk was lower ( $OR=1.5$ ;  $CI=0.7-3.1$ ) and not significant any more.

To summarize, it can be concluded that with respect to the nightly noise exposure most of the statistical analyses showed regularly increasing dose-effect relationships. This is not unexpected. It is psycho-biologically plausible and in accordance with the results of experimental noise studies. During the night, when the individual's mobility normally is strongly restricted, the sensitivity of the human organism (circadian rhythm) towards noise seems to be considerably higher than during day. During the day, very different activity patterns of the subjects and consequently different noise situations have to be considered. In order to evaluate the risk to health, an independent assessment of the noise exposure during the night appears to be reasonable and would have to be acquired for noise studies. The present study is one of a few epidemiological studies worldwide, which, independent of noise exposure during the day, also considers the noise exposure during the night as an independent risk factor for illnesses with regard to dose-effect relationships.

A second essential contribution of the present study to scientific knowledge is the direct comparison between the objective noise exposure (equivalent continuous sound pressure level) and the subjective perception of the noise (disturbance) with respect to possible negative effects on health. All in all, the subjective disturbance by noise showed a considerably lower association with the prevalence of medical treatments than the sound pressure level during the night at the subjects' homes. On the other hand, there was a clear association between psychic disturbances and the individual's experience with noise (perceived disturbance), which was also reported in the literature. However, it is expressed in the literature that this association may be strongly determined by non-acoustical components.

A third aspect of the study is concerned with the comparison between traffic noise and aircraft noise concerning negative effects on health. Considering the study as a whole, a crude interpretation of the results might be that road traffic noise has a greater negative effect on health than aircraft noise. However, on closer inspection, this conclusion cannot be proved, as among other things the aircraft noise exposure could not be calculated for each residence considering the actual volume of traffic nor be classified in comparable category levels – as is the case for road traffic noise. It was quantified on the basis of the aircraft noise zones determined in 1976 (1984). Thus, quantitative comparisons are not possible. Moreover, it has to be considered that the cohort - which is mainly living in the district of Spandau - was affected by the aircraft noise of the airport Berlin-Tegel. For this airport there is a special regulation concerning night flights, i.e. from 22:00 o'clock until 5:00 o'clock no scheduled take-offs and landings are allowed. Only late take-offs and landings of scheduled aircrafts until 23:00 o'clock are excluded from this regulation. In comparison with other airports the aircraft noise exposure in Spandau has to be considered as rather moderate. Considering these facts, a qualitative comparison between road traffic and aircraft noise regarding the association with negative effects on health can only be made with traffic noise during the day. Here, the study showed similar but non-significant tendencies towards an increased risk of hypertension in the highest noise category.

There is further research need for the assessment of the potential impact of environmental noise on the examined illnesses. In future, noise studies should distinguish explicitly between the noise exposure during the day and during the night. This applies to the road traffic noise as well as the aircraft noise. Regarding road traffic noise, the results of the Spandau Health Survey support the assumption, that the nightly noise exposure plays a fundamentally stronger role in the emergence of health disorders than the noise during daytime - particularly in the area of the cardiovascular system.

In accordance with the general stress model, the interaction of immune system, nervous system and endocrine system, which was observed in noise experiments, was indicated in this study for long-standing traffic noise exposure as well as at the epidemiological level. References to this possibility arose from the findings that the prevalence of medical treatment for bronchial asthma and cancer illnesses tended to increase with increasing sound exposure of the homes of the test persons. This could be due to disturbances of the immune system. These findings, however, have to be interpreted with caution since such effect mechanisms are very complex, and other essential influencing factors and causes for these diseases could not be controlled in this study (e.g. occupational exposures, family history). Also air pollution contaminants, which have the same origin as the noise in the traffic, could have a strong confounding impact on the results.

The study sample consisted of a selected, predominantly older, health conscious group of test persons. It could not be ruled out that a disproportionate amount of people who took part in the health survey had regular health problems, since the survey made an extensive checking of their health status possible. In this respect it would be possible that a risk group was examined within which the noise effects could manifest themselves more strongly than in the general population.

Statistical associations between the environmental noise exposure of the test subjects of the SGS and health endpoints in the area of cardiovascular system were closely observed. This is in agreement with a number of other epidemiological noise studies. Due to the variety of the tested associations between noise variables and possible health effects, and due to methodical limitations (cross-section study), the present study has mainly an exploratory character. It supports the derivation of new effect hypotheses as well as the manifestation of existing effect hypotheses. The new effect hypotheses must be tested in further analytic studies. Furthermore the study gives references to improved methodical approaches, regarding the determination and the statistical handling of the noise exposure of the subjects in such epidemiological studies.

# INHALTSVERZEICHNIS

1	<i>Einleitung</i> .....	19
2	<i>Zentrales Nervensystem und Wahrnehmung</i> .....	21
2.1	Der Neokortex .....	21
2.2	Das limbische System.....	22
2.3	Der Hypothalamus .....	23
2.4	Formatio retikularis .....	24
2.5	Vegetatives Nervensystem .....	25
3	<i>Informationsverarbeitung des zentralen Nervensystems und der Wahrnehmung</i> .....	29
3.1	Reiz-(Informations-) Reaktions-Beziehungen.....	29
3.2	Der dynamische Stereotyp.....	30
3.3	Das funktionelle Prognoseprinzip der Informationsverarbeitung des Zentralnervensystems .....	32
3.4	Die Rolle von Entscheidungen in zentralen Informationsverarbeitungsprozessen .....	33
3.5	Zur Konditionierung emotioneller, vegetativer, hormoneller und immunologischer Funktionen .....	34
3.6	Konditionierte Allergien.....	35
3.7	Konditionierter Schmerz.....	36
3.8	Konditionierte Gesundheitsbeeinträchtigungen durch Lärm.....	36
4	<i>Vegetativ-hormonell-immunologisches Regulationssystem</i> .....	37
4.1	Das vegetative System.....	37
4.2	Homöostase und Balance des Sympathikus und Parasympathikus .....	38
4.3	Das hormonelle System .....	41
4.4	Das Immunsystem .....	43
4.4.1	Lärminduzierte vegetativ-hormonelle Reizantworten .....	46
4.4.2	Schlaf .....	47
4.4.3	Schlafprofile, zirkadianer Rhythmus und Hormone.....	48
4.4.4	Lärmbedingte Cortisolausschüttung im Schlaf .....	49
4.5	Schlafqualität und Lebensrhythmus .....	53
4.6	Präventivmedizinische Bewertung von lärmbedingten Schlafstörungen .....	54

4.7	Grundriss der Chronobiologie.....	54
4.7.1	Zirkadiane Rhythmen.....	55
4.7.2	Ultradiane Rhythmen .....	57
4.8	Jahresrhythmus.....	58
4.9	Vegetativ-hormonell-immunologische Reizantwort und Gesundheit.....	59
5	<i>Hypothesen</i> .....	63
6	<i>Die Spandauer Follow-up Studie</i> .....	65
6.1	Neuntes „Follow-up“ .....	67
6.2	Alter und Geschlecht.....	69
6.3	Ausbildung .....	70
6.4	Familienstand .....	71
6.5	Tabak- und Alkoholkonsum.....	72
6.6	Subjektiver Gesundheitszustand .....	74
6.7	Körperliche Aktivität .....	76
6.8	Relatives Körpergewicht .....	77
6.9	Sozio-ökonomischer Status .....	78
7-	<i>Lärmbelastung</i> .....	81
7.1	Aktueller Straßenverkehrslärm .....	81
7.1.1	Pegelmessungen .....	83
7.1.2	Korrekturfaktoren.....	83
7.2	Retrospektive Erfassung der Schallbelastung durch Straßenverkehr .....	87
7.3	Fluglärm .....	90
7.4	Subjektive Lärmbelastung.....	91
7.4.1	Lärmfragebogen .....	91
7.4.2	Wohndauer .....	93
7.4.3	Fensteröffnungsverhalten.....	94
7.4.4	Hörfähigkeit .....	95
7.4.5	Lärmempfindlichkeit.....	96
8	<i>Analysemethodik</i> .....	97
8.1	Modellbildung.....	97
9	<i>Analysen</i> .....	105
9.1	Herz-Kreislaufsystem.....	106
9.1.1	Bluthochdruck .....	106
9.1.2	Angina pectoris (Durchblutungsstörungen am Herzen).....	125
9.1.3	Myocardinfarkt (Herzinfarkt) .....	140
9.1.4	Migräne .....	154
9.2	Stoffwechsel .....	172

9.2.1	Diabetes mellitus ohne Insulinbehandlung.....	172
9.2.2	Erhöhte Blutfette, erhöhtes Cholesterin .....	186
9.3	Immunsystem.....	204
9.3.1	Chronische Bronchitis .....	204
9.3.2	Lungen-, Bronchialasthma .....	218
9.3.3	Krebserkrankungen.....	231
9.3.4	Allergieneigung .....	247
9.4	Psychische Störungen .....	254
9.4.1	Psychische Störungen .....	254
9.5	Hormone .....	275
9.5.1	Schilddrüsenerkrankungen .....	275
9.5.2	Cortisolausscheidung.....	288
10	Diskussion .....	297
10.1	Der Spandauer Gesundheits-Survey .....	297
10.2	Erhebung der Schallbelastung .....	299
10.3	Erhebung der subjektiven Störung .....	300
10.4	Nicht erholsamer Schlaf und Gesundheit .....	301
10.5	Diskussion der einzelnen Krankheitsbilder bzw. Risikofaktoren.....	302
10.5.1	Lärmstress und Herz-Kreislaufsystem .....	302
10.5.2	Lärmstress und Stoffwechsel.....	312
10.5.3	Lärmstress und Immunsystem.....	316
10.5.4	Lärmstress und psychische Störungen.....	324
10.5.5	Lärmstress und hormonelles System .....	327
10.6	Zusammenfassende Betrachtung (Synoptik) .....	328
10.7	Globale Diskussion der Ergebnisse .....	332
11	Abbildungsverzeichnis .....	335
12	Tabellenverzeichnis.....	351
13	Literaturverzeichnis .....	361
14	Anhang .....	375
14.1	Skalen des sozio-ökonomischen Status .....	375
14.1.1	Die Korrelation der verschiedenen Skalen .....	376
14.2	Fragebögen .....	378
14.2.1	Standardbefragung.....	378
14.2.2	Lärmfragbogen .....	394
14.3	Briefe .....	398
14.3.1	Pegelmessungen .....	398
14.3.2	Urinsammlung .....	400
14.4	Anleitungen .....	402
14.4.1	Urinsammlung und Aufbereitung.....	402





# 1 EINLEITUNG

Zur natürlichen Umwelt des Menschen gehören Geräusche. Mit Hilfe ihrer Wahrnehmung orientiert sich der Mensch in seiner Umwelt, erkennt Gefahren, erhält Informationen und kontrolliert Tätigkeiten. Darüber hinaus dient die akustische Kommunikation seiner Persönlichkeitsentfaltung und der Auseinandersetzung mit der sozialen Umwelt. Geräusche wandeln sich zu Lärm, wenn sie als belästigend, als störend, als mit Handlungen oder Intentionen negativ interferierend erlebt und empfunden werden. "Lärm ist unerwünschter Schall" [Lübcke 1935]. Andererseits kann Lärm auch als jener Schall definiert werden, der Gesundheitsschäden hervorruft.

Nicht nur Straßenverkehrslärm, sondern auch Fluglärm sowie Schienenlärm und Gewerbelärm wirken heute auf den Menschen ein, so dass er nahezu „rund um die Uhr“ beschallt wird. Wir haben uns zu einer „lauten Gesellschaft“ entwickelt. Lärminduzierte Gesundheitsstörungen sind daher ein viel und konträr diskutiertes Problem, weil die pathogene Wirkung von Lärm nicht so einfach zu beurteilen ist, wie bei einer Infektionskrankheit, bei der die Ursache-Wirkungs-Beziehungen zeitlich greifbar und durch den Erregerbefund nachweisbar sind. Die gesundheitsbeeinträchtigende Wirkung von Lärm, abgesehen von Hörschäden, ist gewöhnlich ein langer, schwer überblickbarer Prozess, der von zahlreichen anderen „mitwirkenden Faktoren“ beeinflusst werden kann. Die biologische Plausibilität für mögliche gesundheitsbeeinträchtigende Wirkungen kann aufgrund von experimentellen Untersuchungen als gesichert angesehen werden. Es kann aber bisher nicht ausgeschlossen werden, dass unkontrollierte oder nicht vollständig kontrollierte Störeinflüsse ("Confounder") eine Ursache für die in epidemiologischen Studien beobachteten Lärm-Effekte sind.

Bei den vorliegenden epidemiologischen Studien zum Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und kardiovaskulären Beeinträchtigungen handelt es sich zumeist um Querschnittsstudien. Nur wenige Kohorten- oder Fallkontrollstudien sind bekannt. Die Studien weisen insgesamt große methodische Unterschiede auf und es gibt nur wenige Studien, die es erlauben, auf der Grundlage von abgestuften Expositionsgruppen Dosis-Wirkungs-Zusammenhänge zu prüfen. Häufig wurden Extremgruppen betrachtet oder die Studienpopulation anhand eines Schallpegelkriteriums in "belastet" und "unbelastet" unterteilt [Babisch 1998]. Eine Betrachtung der nächtlichen Schallbelastung – wie sie mit dieser Studie vorgelegt wird – fehlte in epidemiologischen Studien bisher weitgehend. Viele der vorliegenden Studien liefern daher keinen verlässlichen Beitrag zur Frage einer gesundheitlichen Beeinträchtigung durch chronischen Verkehrslärm (vgl. [Ising et al. 2001a]).

So liegen zum Blutdruck bzw. dem Hypertonierisiko derzeit nur gering belastbare Ergebnisse epidemiologischer Lärmstudien vor, die auf ein höheres Gesundheitsrisiko bei stärker verkehrslärmbelasteten Personen schließen lassen. Anders ist die Datenlage bezüglich des Herzinfarktrisikos. Obwohl die Ergebnisse der Einzelstudien statistisch zumeist nicht signifikant sind, d. h., dass anhand der üblichen Beurteilungskriterien nicht ausgeschlossen werden kann, dass die Befunde in einzelnen Studien zufällig aufgetreten sind, lassen sich hier

relativ einheitliche Trends erkennen. Die Interpretation der Studienergebnisse beruht auf Konsistenz- und Dosis-Wirkungs-Betrachtungen [Babisch 1998]. Danach ist zu befürchten, dass das relative Risiko für ischämische Herzkrankheiten bei Personen aus Wohngebieten mit Verkehrslärmimmissionspegeln von tagsüber mehr als 65 dB(A) leicht erhöht ist, und zwar in einer Größenordnung von ca. 20-30 Prozent [Ising et al. 2001c].

Die biologische Plausibilität und die vorliegenden Befunde erfordern einerseits ein vorbeugendes politisches Handeln, andererseits besteht noch immer ein großer Forschungsbedarf zur Absicherung und Vertiefung des Wissensstandes, insbesondere auch im Hinblick auf eine Lärmsanierung. Die vorliegende Untersuchung, die als doppel-blind Studie durchgeführt wurde, soll hierzu einen Beitrag liefern.

## 2 ZENTRALES NERVENSYSTEM UND WAHRNEHMUNG

Bei jeder Wahrnehmung, die durch exogene Stimuli (z.B. Schallereignisse) oder durch endogene Stimuli (z.B. Denkprozesse, Schmerzen) ausgelöst wird, erfolgt eine Aktivierung komplexer Hirnfunktionen. In den Wahrnehmungsvorgang werden gewöhnlich Funktionen des Neokortex, des limbischen Systems, des Hypothalamus und der Formatio reticularis eingezogen. Infolge dessen kommt es zu einer emotionalen Reaktion [Cannon 1914, 1929, Lindsley 1951, Waldman 1972, Hecht und Chanaschwili 1984, Traue 1998], die sich im sogenannten autonomen Nervensystem, auch als Vegetativum bezeichnet, im hormonellen, immunologischen und auch motorischen Regulationssystem mehr oder weniger intensiv zeigen kann. Die wichtigsten Zentren des Gehirns, die an diesem Prozess beteiligt sind, sollen nachfolgend kurz beschrieben werden.

### 2.1 Der Neokortex

Der Neokortex ist das „Organ“ des Bewusstseins und dient der Steuerung der Regulation im vielfältigen Adaptationsprozess des Menschen. Er kontrolliert und reguliert die so genannten subkortikalen Gebiete, z. B. das limbische System und den Hypothalamus sowie die Formatio reticularis, analysiert und synthetisiert Informationen exogener und endogener Natur bzw. Rückkopplungen der verschiedenen Effektoren (Erfolgsorgane wie die glatte Muskulatur oder Drüsen, sowie Substanzen, die die Enzymaktivität regulieren).

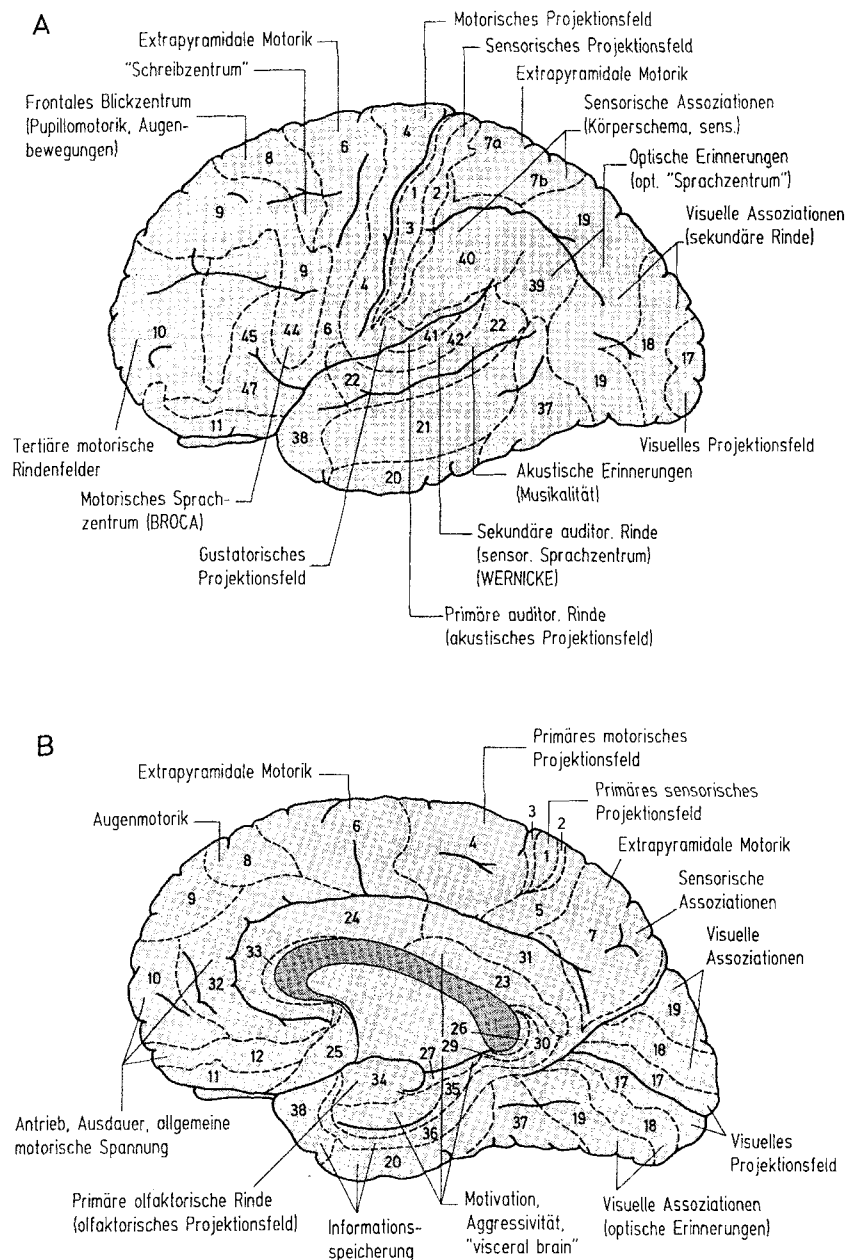


Abb. 2.1 Karte der cytoarchitektonischen Felder des menschlichen Neokortex nach Brodman. Die verschiedenen Felder (Brodman-Areale) sind mit ihrer Nummerierung eingezeichnet und mit Funktionsrepräsentation bezeichnet (nach Schandry 1998, S. 35)  
A = Außenansicht; B = Innenansicht (zwischen den beiden Hirnhälften)

## 2.2 Das limbische System

Das limbische System ist eng mit dem Neokortex gekoppelt und repräsentiert emotionelle, motivationelle, amnestische (Lernen und Gedächtnis) Prozesse und stimuliert in Form von emotionellen Reaktionen den Hypothalamus. Das limbische System besteht aus über 50 Hirnregionen.

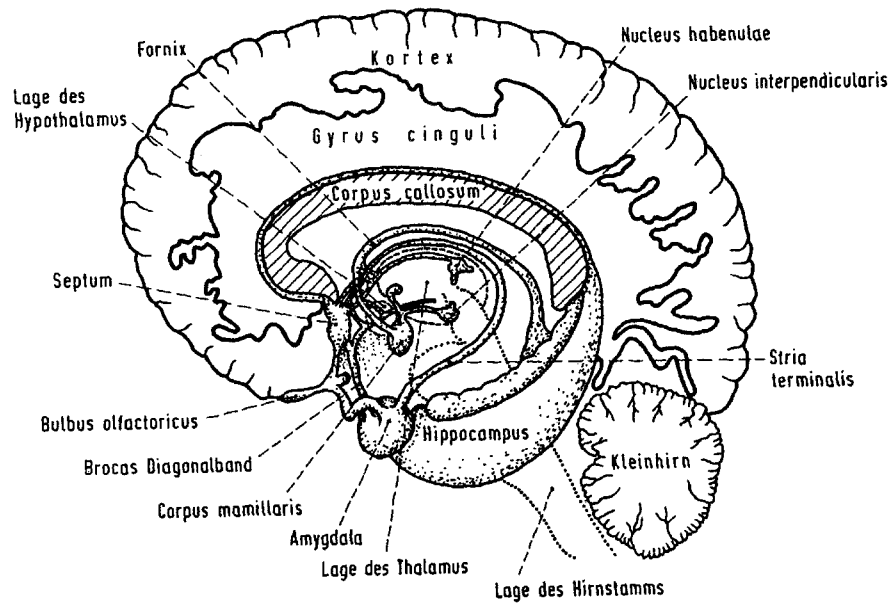


Abb. 2.2 Schematische Darstellung des limbischen Systems mit angrenzenden Hirnarealen (nach Schandry 1998, S. 33)

Dem limbischen System werden ca. 25 Bahnen zugeordnet. Die wichtigsten Bezirke des limbischen Systems sind der limbische Neokortex (Gyrus cinguli), der Nucleus amygdalae, im Bild als Amygdala (Mandelkern) bezeichnet, der Hippocampus und das Septum.

## 2.3 Der Hypothalamus

Der Hypothalamus stellt den zentralen Teil des Zwischenhirns (Diencephalon) dar und besteht aus zahlreichen Kernen. Im Hypothalamus werden eine größere Anzahl von Neurohormonen (größtenteils Peptidhormone) gebildet, die in der neurohormonellen Regulation eine wichtige Rolle spielen. An den Hypothalamus schließt sich die Hypophyse (Hirnanhangdrüse) an. Diese wird hormonell und nerval durch den Hypothalamus aktiviert. Bezüglich des vegetativen und hormonellen Systems gilt der Hypothalamus als eine sehr wichtige Hirnstruktur. Von ihm werden u.a. der Schlaf, die Körpertemperatur, die Reproduktionsfunktion, die Sexualfunktion, die Nahrungsaufnahme, der Stoffwechsel, der Wasserhaushalt, der Mineralienhaushalt und die Herz-Kreislauf- und Atemfunktion koordiniert.

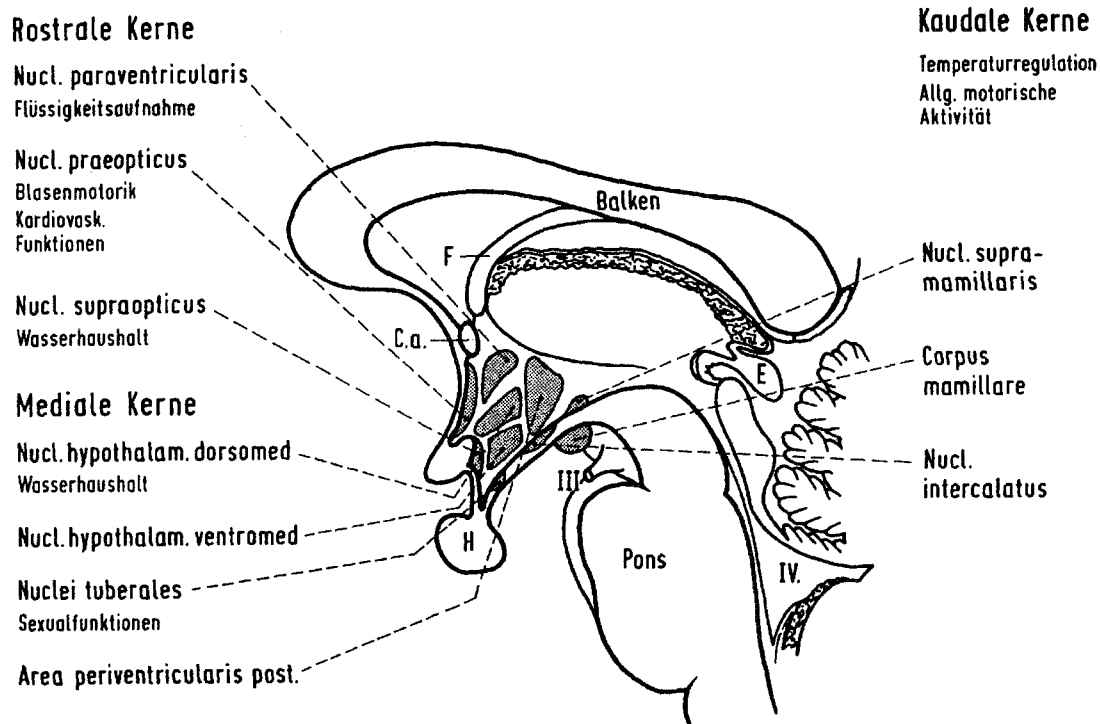


Abb. 2.3 Kerngruppen des Hypothalamus mit einigen ihrer Funktionen (Medianschnitt)  
 C.a. = Commisura anterior; E = Epiphyse; F = Fornix; H = Hypophyse  
 III = Nervus oculomotorius; IV = Ventrikel  
 (nach Schandry 1998, S. 32)

## 2.4 Formatio retikularis

Sie durchzieht mit ihren aufsteigenden (aszendierenden) und absteigenden (deszendierenden) Bahnen den Hirnstamm. In ihr befindet sich ein weit verbreitetes Neuronennetz mit ca. 25.000 Verbindungen zu anderen Hirnbezirken. Die Formatio retikularis hemmt oder fördert sensomotorische Reflexe und steuert die Aktivierung. Dies geschieht durch das aszendierende retikuläre Aktivierungssystem (ARAS). Außerdem nimmt die Formatio retikularis Einfluss auf die Atem- und Herz-Kreislaufregulation sowie auf die Motilität der Speiseröhre. Die deszendierenden Bahnen können hemmend auf die Aktivierung wirken und eine Deaktivierung hervorrufen.

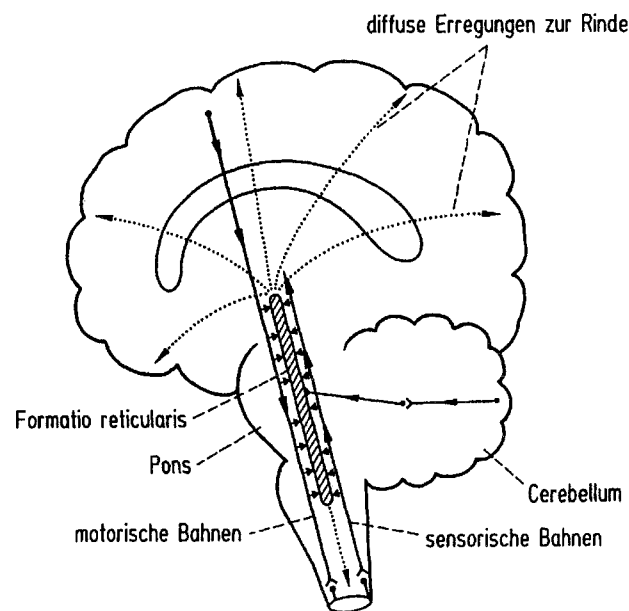


Abb. 2.4 Lokalisation und Verbindungen der Formatio retikularis im Gehirn  
(nach Schandry 1998, S. 28)

## 2.5 Vegetatives Nervensystem

Das vegetative Nervensystem hat sein Zentrum im Zwischenhirn (Diencephalon), in welchem vor allem der Hypothalamus eine steuernde und regulierende Rolle spielt. Weiterhin ist die Medulla oblongata (Übergang vom Stammhirn zum Rückenmark) an der Steuerung des vegetativen Nervensystems beteiligt. Das vegetative Nervensystem besteht aus den beiden funktionellen Teilen Nervus Sympathikus und Nervus Parasympathikus.

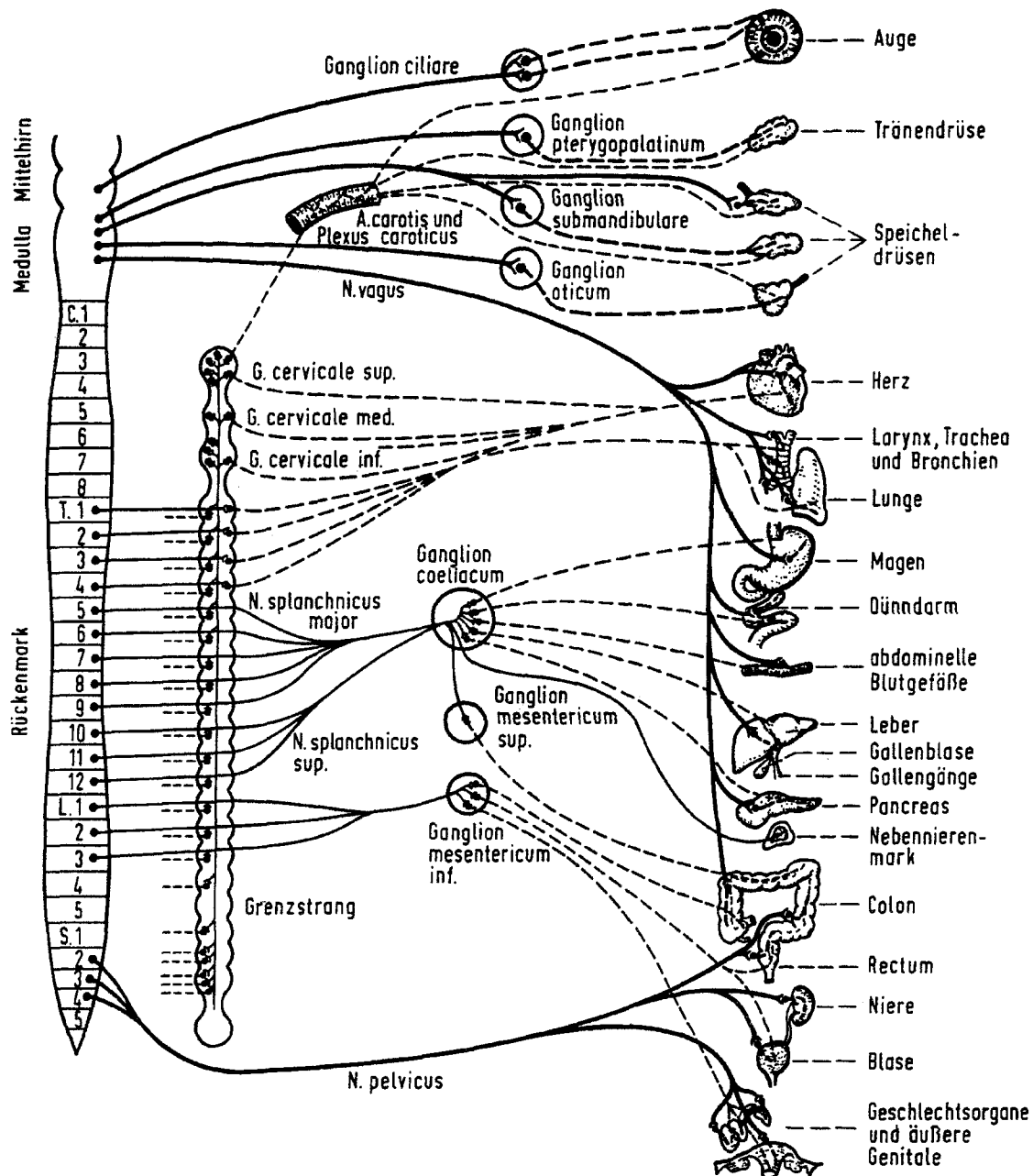


Abb. 2.5 Schema des vegetativen Systems mit der Innervation der Organe durch das sympathische (dicke Linien) und parasympathische (dünne Linien) Nervensystem. Ganglien sind Nervenzellanhäufungen. Präganglionäre Nervenzellen sind durchgehend, postganglionäre gestrichelt gezeichnet (nach Schandry 1998, S. 41)

Bei hoher Beanspruchung dominiert die Funktion des Sympathikus mit ergotroper (energieverbrauchender) Reaktionslage, und zu Zeiten der Ruhe und geringer Beanspruchung überwiegt die Funktion des Parasympathikus mit trophotroper (energieaufbauender) Reaktionslage.



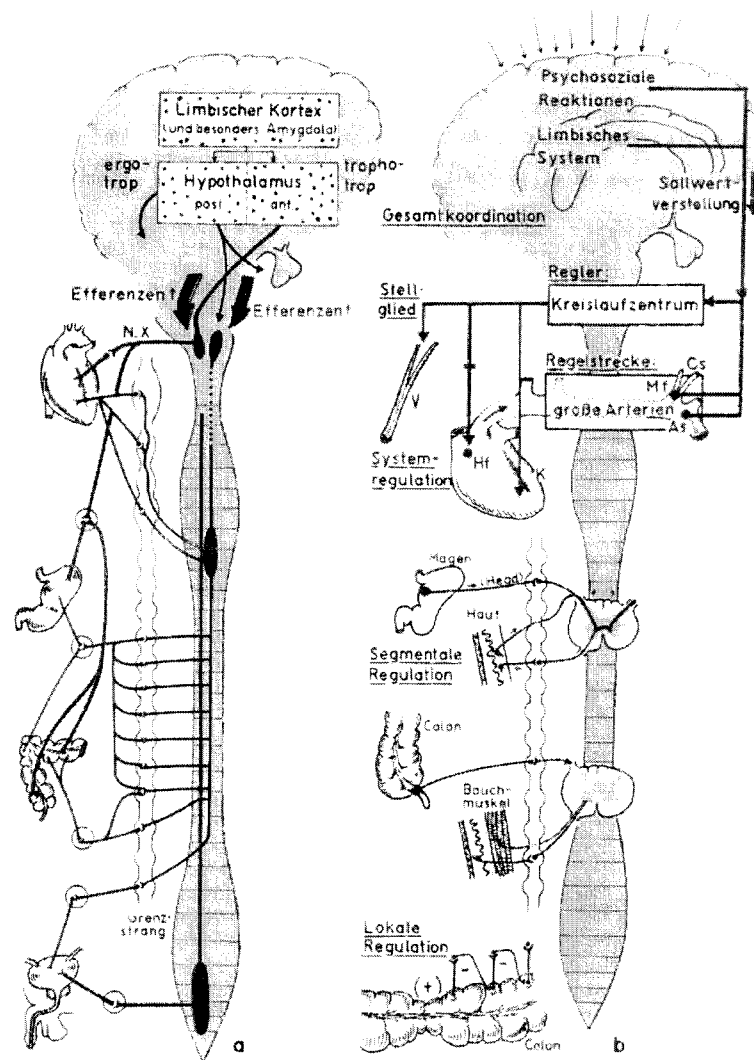


Abb. 2.6 Funktionelle Struktur des psychoneurovegetativen Regulationssystems.  
a = vertikal akzentuierte Funktionsstruktur  
b = horizontal betonte Funktionsstruktur  
(nach Zwiener und Langhorst 1993, S. 996)

Für psychobiologische Untersuchungen, und damit zum Nachweis akuter vegetativer Reaktionen bei Lärm, werden größtenteils die Funktionen der durch das vegetative Nervensystem gesteuerten Organe verwendet, z.B. Pulsfrequenz, Blutdruck, Hautwiderstand, Pupillengröße, Vasomotorik (Vasokonstriktion).

Die funktionelle Struktur des psychoneurovegetativen Systems, welches die lärminduzierte vegetative Reaktion gewährleistet, ist in Abbildung Abb. 2.6 in seiner Gesamtheit, in Abbildung Abb. 2.5 als Schema und in den Abbildungen Abb. 2.2 bis Abb. 2.4 in seinen Anteilen (vergrößert) dargestellt. Die funktionelle Vernetzung des vegetativen Systems verdeutlicht, dass bei Stimulation des sympathischen Systems, z. B. durch Lärm, nicht nur eine, sondern mehrere Organfunktionen, natürlich mit unterschiedlicher Intensität, Sensibilität und unterschiedlichem zeitlichem Ablauf in Gang gesetzt werden (funktionelle Verschiebung [Lacey 1967], somatisch-kardiovaskuläre Kopplung [Oberist et al. 1973]). Um ein Gesamtbild

von lärminduzierten vegetativen Reaktionen zu erhalten, ist es daher zweckmäßig, mehrere Parameter mit einzubeziehen [Fahrenberg 1979, 1983]. Dabei können durchaus die einzelnen Funktionen unterschiedlich auf Lärm ansprechen. Während die Hautwiderstandsreaktion bereits auf 45-55 dB(A) im Wachsein anspricht [Klosterkötter et al. 1974c], liegt die Reizschwelle bei der Vasokonstriktion im Wachsein oberhalb von 70 dB, im Schlaf bei 55 dB [Jansen 1967]. Die Herzperiodendauer erfährt im Schlaf bei 45 dB und die Atemreaktion bei 50 dB [Otto 1970] Veränderungen.

# 3 INFORMATIONSVERARBEITUNG DES ZENTRALEN NERVENSYSTEMS UND DER WAHRNEHMUNG

Die Verarbeitung der vielfältigen Informationen aus der Umwelt und dem Innern eines Menschen vollzieht sich im Zentralnervensystem, zu dem das Großhirn, das Kleinhirn und das Rückenmark zählen.

Das Gehirn enthält ca. 15 Milliarden verschiedener Formen von Nervenzellen. Jede dieser Nervenzellen (Neuronen) hat die Möglichkeit, zeitlebens Verbindungen zu anderen Nervenzellen aufzunehmen. Die Verbindungsstellen heißen Synapsen. Durch sogenannte Botenstoffe (Transmitter) wird an den Synapsen entschieden und bewirkt, welche geistige, seelische und körperliche Reaktion bzw. Leistung augenblicklich ablaufen soll. Zur Informationsverarbeitung werden ständig Neuronennetze gebildet, die ihrerseits Regelkreise aufbauen und auch wieder abbauen können.

Der Mensch verfügt über ein Netz von Nervenbahnen mit einer Länge von ca. 1,6 Millionen km, auf der bioelektrische Signale mit einer Geschwindigkeit von ca. 200 km/Std. (60 m/sec) übertragen werden können. Manche Nervenbahnen haben die Voraussetzungen für eine Übertragungsgeschwindigkeit bis zu 400 km/Std.

Nach einem bestimmten Selektionsprinzip werden auf der Basis eines individuellen Verhaltensmusters Informationen im Gedächtnis gespeichert. Diese können im Rahmen des Wahrnehmungsprozesses abgerufen und mit in den Erkennungsprozess einbezogen werden.

## 3.1 Reiz-(Informations-) Reaktions-Beziehungen

Im Allgemeinen wie auch speziell im Bezug auf die Lärmwirkung besteht die Vorstellung vom Modell der linearen Reiz-Reaktions-Kette, die nach folgendem Schema ablaufen soll:

Reiz → Rezeptor → Schaltzentrum → Effektor → Reaktion

Hierbei wird angenommen, dass ein starker Reiz eine starke Reaktion und ein schwacher Reiz eine schwache Reaktion auslöst, so dass mit physikalischen Kenngrößen des Reizes, z. B. dem Schallpegel, die Kenngröße der Reaktion bestimmt werden kann. Dieser einfache Ansatz kann nicht ohne weiteres auf den Menschen übertragen werden.

Jeder Reiz, jede Information setzt beim Menschen vielfältige Regelkreise in Gang (vgl. Abb. 3.1), die das mannigfaltige Verhalten eines Menschen bestimmen [Anochin 1935, von Uexküll 1936, Wiener 1948, von Holst 1950 u.a.].

Der natürliche Funktionsablauf, nach dem Prinzip des Regelkreises, kann im einfachsten Fall durch folgenden Ablauf beschrieben werden:

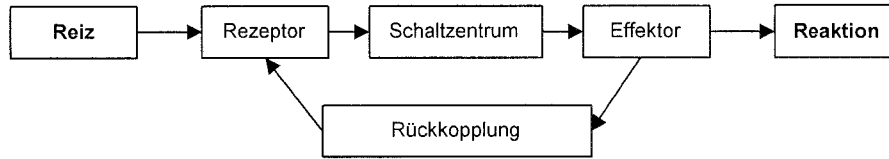


Abb. 3.1 Regulatorische Reiz-Reaktions-Beziehung

Die menschliche Informationsverarbeitung ist jedoch viel komplexer. Innerhalb von wenigen Minuten können Regelkreise gebildet und wieder aufgelöst werden. Anochin [Anochin 1935] bezeichnete diese Bildung von Regelkreisen als Bildung von funktionellen Systemen. Bei der Bildung derartiger funktioneller Systeme sind unter einfachem physiologischen Aspekt unbedingt erforderlich:

- Triggerreiz (z.B. Lärm)
- Hintergrundstimuli verschiedenster Art
- Gedächtnis
- Emotionell-motivationelles Erregungsniveau
- Ontogenese (Entwicklungszustand) des Individuums

Diese Faktoren geben dem Verhalten eines Individuums nach Einwirkung und Verarbeitung einer Information die entsprechende Richtung.

## 3.2 Der dynamische Stereotyp

Der hochorganisierte lebende Organismus wird im Verlaufe seines Lebens nicht nur mit einem zufälligen Informationszufluss konfrontiert, sondern auch mit determinierten Reizmustern, deren Gesetzmäßigkeiten erkennbar sind. Wirken bestimmte Reize bzw. Reizserien wiederholt mit festen relativen Häufigkeiten auf einen Organismus ein, so spricht man von einem Reizstereotyp. Dieser spiegelt sich in seiner raum-zeitlichen Anordnung in den dynamisch-stereotypen zentralnervalen Funktionsabläufen wider und wird im Gehirn auf der Grundlage des „funktionellen neuronalen Netzwerks“ [Rüdiger 1965] modelliert.

Sich in einer bestimmten Reihenfolge und in einem bestimmten Zeitintervall stets wiederholende Reaktionen werden als dynamischer Stereotyp bezeichnet. Dynamisch deshalb, weil sich die Reaktionen des Menschen infolge der Plastizität des Gehirns nicht starr nach einem vorgeschriebenen Programm wiederholen, sondern in einer lockeren, beweglichen Systematik. Der dynamisch-stereotype Ablauf hat für den Menschen eine große Bedeutung. Damit wird eine ökonomische Arbeitsweise des Organismus gewährleistet.

Pawlow [Pawlow 1927] beobachtete im Tierexperiment folgende Erscheinung. Ein dynamischer Reizstereotyp, der aus optischen und akustischen Reizen bestand, wurde durch Konditionierungsmethoden fest ausgearbeitet, wobei jede Reizqualität eine bestimmte Signalbedeutung hatte.

Nun tauschte er an bestimmten Stellen des Reizstereotyps die Signalbedeutung der Stimuli aus. Die Folge war, dass der dynamische Stereotyp nicht in seinem Ablauf beeinträchtigt wurde, sondern dass die übliche Reaktionsweise wie bisher erfolgte. Dieses Experiment zeigt, dass im dynamischen Stereotyp die Signalbedeutung des Einzelreizes im Komplex der gesamten Kette integriert wird, und dass wir es mit einem äußeren und inneren dynamischen Stereotyp zu tun haben.

Innerer und äußerer dynamischer Stereotyp regulieren das Verhalten des Organismus zu seiner Umwelt. Ein gut ausgearbeiteter innerer dynamischer Stereotyp, in Form eines guten Arbeits- bzw. Lebensrhythmus, lässt Schwierigkeiten besser überwinden und bildet eine wichtige Grundlage für die Disziplin und Willenshandlung. Bekanntlich liegt ein dynamischer Stereotyp dann vor, wenn wiederholt eine Serie von Reizen bestimmte Reaktionskomplexe hervorruft. Ist ein dynamischer Stereotyp ausgearbeitet, dann verlaufen alle Reaktionen mit einem geringeren Energieaufwand. Das ist der Zeitpunkt, wenn innerer (Reaktions-) und äußerer (Reiz-) Stereotyp im wesentlichen übereinstimmen. Als äußerer Stereotyp wird die Reizserie, die sich immer wiederholende Kette von Reizen, verstanden. Der innere Stereotyp sind die im Zusammenhang mit den Reizen der Umwelt und Reaktionen des Organismus entstandenen zeitweiligen Verbindungen, die den Reaktionsablauf sichern.

In der Hirnrinde spiegelt sich dieses Geschehen als ein dynamisches Mosaik von erregten und gehemmten Nervenzellgruppen bzw. Neuronennetzen wider. Wenn äußerer und innerer dynamischer Stereotyp im wesentlichen in Übereinstimmung stehen, dann zeigen sich positive Emotionen. Gibt es dagegen erhebliche Differenzen zwischen inneren und äußeren Prozessen, dann können negativ emotionale Reaktionen auftreten.

Der dynamische Stereotyp spiegelt nicht nur augenblickliches Verhalten in einer bestimmten Situation wider, sondern repräsentiert in einer funktionellen Einheit zugleich Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft.

Der Physiologe Anochin [Anochin 1967] integrierte die Beziehungen in seinem Modell der Gehirnfunktion, der Konzeption des funktionellen Systems. Bei diesem Modell geht Anochin davon aus, dass die Auseinandersetzung des Organismus mit der Umwelt nach einem vorprogrammierten System abläuft. Das Programm der Handlungsweise ist bereits fertig, bevor das Signal dazu gegeben wird. Auf diese Weise ist es möglich, dass unser Organismus Reaktionen vollbringt, wozu er sonst nicht in der Lage wäre. Dieses Prinzip wird als Voraussage bzw. Prognose im Organismus-Umwelt-Modell bezeichnet und vollzieht sich ausschließlich in dynamisch-stereotypen Prozessen. Bei diesem funktionellen System wird davon ausgegangen, dass sich die Umwelt im Organismus in Form von Modellen widerspiegelt. Das Programm zur Widerspiegelung der objektiven Realität entwickelt sich im Gehirn auf der Grundlage von Analogien und Überlieferungen früher lebender Generationen (phylogenetisches Modell). Das ontogenetische Umweltmodell, welches für die unmittelbare Verhaltensweise des Organismus wesentlich ist, bildet sich auf den vom Individuum erworbenen Erfahrungen aus. Umwelteinflüsse sowie zeitliche Koordinationen werden also in

Form individueller Erfahrungen in das ontogenetische Umweltmodell aufgenommen und durch Kopplung von Neuronennetzen im Gehirn materiell realisiert.

Die erworbenen und überlieferten Erfahrungen stellen keine reine Speicherung im Sinne einer Photographie dar, sondern sie sind vielmehr eine funktionelle Synthese aus dem aktuellen Zustand des Umweltmodells und den neuen einfließenden Umweltreizkomplexen. Auf dieser Grundlage vollzieht sich das Prinzip der Voraussage (Prognose). Indem das Gehirn das programmierte System durch Vorwärtsspiel mit der wirklichen Umwelt vergleicht, wird die schnelle und ökonomische Reaktionsweise bzw. Verhaltensentscheidung möglich. Geringe Abweichungen des realen Prozesses von den vorausgesagten Programmen können leicht korrigiert werden. Größere Abweichungen spiegeln sich in Fehlreaktionen und in negativen Emotionen wider. Das Übereinstimmen des inneren und äußeren Modells reflektiert positive Emotionen.

### 3.3 Das funktionelle Prognoseprinzip der Informationsverarbeitung des Zentralnervensystems

Der Mensch muss ständig auf Reizkomplexe und bestimmte Umweltsituationen reagieren. Die Entscheidung für die richtige Reaktionsweise muss dabei häufig in Bruchteilen von Sekunden getroffen werden und stellt daher hohe Anforderungen an die Informationsverarbeitung im Zentralnervensystem.

An folgenden zwei Beispielen soll das Prinzip erläutert werden:

Ein Fußballtorwart muss sich aus einer Fülle von möglichen Varianten für die richtige entscheiden, um beispielsweise einen Elfmeter zu halten. Der Fußball fliegt etwa mit einer Geschwindigkeit von 80 km pro Stunde. Das bedeutet, dass vom Abschuss des Balls durch den Stürmer bis zur Ankunft auf der Torlinie 0,3 bis 0,4 s vergehen. Da der Torwart zunächst die Flugrichtung des Balls erkennen und außerdem eine gewisse Startverzögerung mit einkalkulieren muss, bleiben ihm höchstens 0,1 bis 0,2 s, um so zu reagieren, dass er den Ball halten kann.

Ein Sprinter legt bei fliegendem Start in der gleichen Zeit etwa 3 m zurück. Würde der Torwart von der Mitte des Tors aus erst in dem Augenblick starten, da er die Flugrichtung des Balls erkannt hat, wäre es theoretisch nicht möglich, einen in die Ecken des Tors geschossenen Ball zu halten. Sind nun die gehaltenen „Elfmeter“ reine Zufälle? Nein, hier wirkt sich ein Funktionsprinzip des Gehirns aus, das als Voraussage (funktionelles Prognoseprinzip) bezeichnet wird.

Der oben erwähnte Torwart, der einen „Elfmeter“ hält, reagiert nach dem beschriebenen Prinzip das auf einer Vorprogrammierung des Gehirns auf der Basis direkter oder übermittelter Erfahrungen beruht. Der Torwart muss gut beobachten, um aus bestimmten Verhaltensweisen des Schützen die richtige Schlussfolgerung zu ziehen, die eine bestimmte, eben die richtige Abwehrreaktion hervorruft. Das setzt natürlich außerdem

Reaktionsschnelligkeit voraus. Um die Prognose so genau wie möglich zu gestalten, muss der Torwart die Situation auch aus der Sicht des Schützen beurteilen, sich in dessen Reaktionsweise hineindenken und sich vorstellen können, was dieser im gegebenen Moment tun wird.

Ähnliche Mechanismen vollziehen sich bei vielen anderen Reaktionen, besonders dann, wenn schnell richtige Entscheidungen getroffen werden sollen. Dieses funktionelle Prognoseprinzip könnte das neurophysiologische Substrat der Intuition sein. Die stetige Vervollständigung des inneren Modells setzt ein kontinuierliches Training bestimmter geistiger Prozesse voraus. Dazu gehören unter anderem genaue Kenntnisse über die konkrete Situation, in der man wirksam werden will, Schulung der Beobachtungsgabe, Schulung der Entscheidungsfähigkeit, die eine hohe Konzentrationsfähigkeit einschließt, geistige Beweglichkeit, Zielstrebigkeit und Willensstärke.

### 3.4 Die Rolle von Entscheidungen in zentralen Informationsverarbeitungsprozessen

Bei dem Angebot von Reizstereotypen bzw. Reizmustern mit spezifisch raum-zeitlich angeordneten Signalen unterschiedlichen Bedeutungsinhalts muss das Individuum eine Entscheidung treffen. Anochin [Anochin 1967] wies darauf hin, dass eine der „bemerkenswertesten Momente bei der Ausbildung des Verhaltensaktes der Augenblick ist, wenn die Entscheidung gefällt wird, gerade diese und keine andere Handlung auszuführen“.

Im Adaptationsprozess hat die Fähigkeit eines Organismus, Entscheidungen fällen zu können, große Bedeutung.

Die Entscheidungsfindung ist nach Anochin [Anochin 1967] jener kritische Punkt im augenblicklichen Sein eines Lebewesens, „in dem sich eine rasche Ausschaltung der überflüssigen Freiheitsgrade vollzieht und die Organisation eines Komplexes efferenter Erregungen (vom Zentralnervensystem zur Peripherie) für eine ganz bestimmte Handlung erfolgt“. Demnach ist eine Entscheidung eng mit der Organisiertheit eines Systems verbunden. Für die Funktionen des Organismus ist das Treffen von Entscheidungen von universeller Bedeutung, so dass auch die vegetativen Funktionen mit einbezogen werden. Der Schwierigkeitsgrad einer Entscheidung wird von verschiedenen Faktoren bestimmt.

Nicht unbedeutend ist in der Entscheidungssituation die Anzahl der Varianten, von denen die für den Adaptationsprozess notwendige Variante ausgewählt werden muss. Die Einengung der „Handlungsfreiheitsgrade“ bis auf eine Möglichkeit fördert natürlich die Entscheidung erheblich.

Diese Reaktionsweise kann in Beziehung zu Erkenntnissen der technischen Informationstheorie gesetzt werden. „Bei den von einer Nachrichtenquelle gelieferten Signalen besteht nach dem Empfang einer gewissen Anzahl von Signalen, über das nächste zu empfangende Signal eine Unsicherheit, die erst nach Empfang dieses Signals beseitigt, d. h. in Sicherheit umgewandelt wird: diese Unsicherheit ist für einzelne Signale unterschiedlich und zwar für seltene Signale größer als für häufige“ [Fey 1968]. Applizieren wir Reizmuster, so

ist die Unsicherheit minimal, wenn die gleichen Reize sehr häufig angeboten werden. Die Unsicherheit ist maximal, wenn kein Reiz dem anderen gleicht.

### 3.5 Zur Konditionierung emotioneller, vegetativer, hormoneller und immunologischer Funktionen

Es gilt als erwiesen und ist gut dokumentiert, dass sich Funktionen des Immunsystems durch die Methode der klassischen Konditionierung [Pawlow 1927] im Sinne von Lernprozessen beeinflussen lassen [King und Husband 1996, Ader und Cohen 1975]. Die klassische Konditionierung besteht darin, dass zwei Stimuli mit einem bestimmten Zeitintervall dargeboten werden. Einer davon ist der unkonditionierte Stimulus (unbedingter Reflex nach Pawlow [Pawlow 1927]), der andere ist zunächst ein beliebiger bezüglich der Signalbedeutung indifferenter Reiz (bedingter Reiz). Nach mehrmaliger Wiederholung der Kombination beider Reize gewinnt der indifferente Reiz Signalbedeutung. Es genügt dann nur die Applikation des bedingten Reizes und die Grundreaktion (unbedingte Reaktion) wird dadurch ausgelöst [Hecht et al. 1972a]. Pawlow [Pawlow 1927] applizierte z. B. einen definierten akustischen Reiz und gab wenige Sekunden später dem Hund Futter. Dabei wurde beim Hund Speichelfluss in Gang gesetzt, den Pawlow nach einem bestimmten Prinzip messen konnte. Wenn er diesen akustischen Stimulus mehrmals mit der Fütterung wiederholte, dann genügte es in der Folgezeit, die Applikation des akustischen Stimulus vorzunehmen, um den Speichelfluss wie bei der Fütterung hervorzurufen, ohne dass Futter gegeben wurde. Diese Erscheinung kennen wir aus dem täglichen Leben, wenn uns beim Anblick einer leckeren Speise das „Wasser im Mund“ (Speichelfluss) zusammenläuft. Durch Darbietung einer ekelerregenden Nahrung, welche den Speichelfluss hemmt, konnte mit einem anderen akustischen Reiz eine „bedingte Hemmung“, bezogen auf den Speichelfluss, ausgelöst werden. Mit diesen Experimenten zeigte Pawlow [Pawlow 1927], dass nicht nur excitatorische Prozesse, sondern auch inhibitorische Prozesse konditioniert werden können. In anderen Untersuchungen zeigte Pawlow [Pawlow 1927] dem Hund einen Kreis als bedingten Reiz und eine Ellipse als bedingten Hemmreiz. Die Applikation des Kreises wurde mit Futter „beträchtigt“ (konditioniert), die Ellipse nicht. Somit entstand ein konditioniertes Reiz-Reaktionsmuster, das darin bestand, dass beim Zeigen des Kreises Speichel floss und beim Zeigen der Ellipse nicht. Letztere Reaktion wird auch als Differenzierungshemmung bezeichnet, d. h. der Kreis signalisierte Aktivierung, die Ellipse Deaktivierung (Hemmung). Nachdem dieses Muster gut „erlernt“ war, wurde die Ellipse von Tag zu Tag kreisähnlicher verändert dem Hund vorgeführt. Dadurch entstand ein Konflikt und es bildete sich eine experimentelle Neurose [Pawlow 1931] heraus. Das Modell der „experimentellen Neurose“ spielte in den Forschungen der Pawlow'schen Schule unter pathophysiologischen Aspekten eine bedeutsame Rolle [Chanaschwili und Hecht 1984 u.a.].

Ein weiteres Experiment [Hecht et al. 1972a] demonstriert die Vielfalt der Möglichkeiten der Konditionierung. Ein Hund bekam Apomorphin in hoher Dosis appliziert, wodurch Erbrechen ausgelöst wurde. Nach mehrmaligen Wiederholungen sollte anstelle von Apomorphinen Aqua dest (Placebo) injiziert werden. Dazu kam es aber nicht, denn vor Beginn des 5. Versuchs mit



der Apomorphinapplikation erbrach der Hund bereits beim Anblick des Experimentators mit der Spritze in der Hand. Dieser Effekt konnte danach mehrere Tage lang auf diese Weise, d. h. das Eintreten des Experimentators mit der Spritze in der Hand, ausgelöst werden. Alle Placebo- (positive) und Noceboeffekte (negative) beruhen auf Konditionierungsmechanismen. Hecht et al. [Hecht et al. 1971] gelang es sogar, durch Konfliktmuster bei der Ratte eine konditionierte arterielle Hypertonie mit allen funktionellen und strukturellen Veränderungen zu erzeugen. Das deutet darauf hin, dass bei chronischen Krankheiten, bei denen der ursächliche Faktor häufig schwer zu finden ist, Konditionierungsmechanismen eine wichtig Rolle spielen können. Wie die Schmerzforschung zeigt, kann ein ursächlicher Faktor längst nicht mehr bestehen, aber der konditionierte Schmerz den Patienten weiter plagen [Häuser 2001, Stratz 2001].

### 3.6 Konditionierte Allergien

Mac Queen et al. gelang es, die Konditionierbarkeit der Mastzellaktivierung bzw. Histaminausschüttung im Tiermodell nachzuweisen [Mac Queen et al. 1989]. Williams et al. zeigten, dass bei Ratten, die mit Ei-Albumin sensibilisiert wurden, mastzellspezifische Protease im Serum bei audiovisueller Stimulation in ähnlicher Weise ansteigt wie bei Antigenprovokation [Williams et al. 1995]. Russel et al. [Russel et al. 1984] konnten in ihren Untersuchungen eine Konditionierbarkeit der Histaminausschüttung nachweisen. Diese Arbeiten bestätigen, dass Stress die allergische Entzündungsreaktion beeinflusst. Nach heutigen Vorstellungen erfolgt die Informationsübertragung zwischen zentralem Nervensystem und Gewebsmastzellen bidirektional. Mastzellen leiten zum einen Informationen über das Ausmaß der Antigen-induzierten Stimulation zum Zentralnervensystem, zum anderen kann die Mastzellaktivierung – zumindest partiell – auch unabhängig vom IgE-Mechanismus (IgE = Immunglobulin E) über das Zentralnervensystem bzw. vegetative Nervensystem erfolgen [Russel et al. 1984, Mac Queen et al. 1989, King et al. 1996].

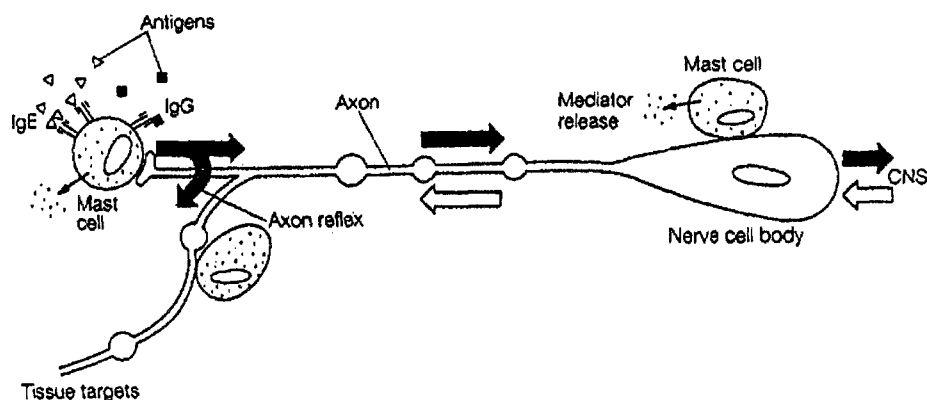


Abb. 3.2 Schematische Darstellung der Verbindung zwischen vegetativem Nervensystem und Mastzellen [Michel 1994]

Die ersten derartigen Untersuchungen sind von Métalnikov und Chorine 1926 veröffentlicht worden. In einer Monografie „Immunität und Nervensystem“ gibt L. Kesztyüs [Kesztyüs 1967] eine Übersicht mit über 250 Literaturquellen. Konditionierte Placeboeffekte der Allergieauslösung sind auch in neueren Arbeiten beschrieben worden [z. B. Nolte 1998]. So wurde bei Nelkenallergie durch Zeigen einer Papiernelke der Asthmaanfall ausgelöst.

### 3.7 Konditionierter Schmerz

Nach neuesten Untersuchungen gilt es als gesichert, dass im Schmerzgeschehen konditionierte Mechanismen eine bedeutsame Rolle spielen und auf diese Weise ein stabiles Schmerzgedächtnis entwickelt werden kann [Ziegler 1999, Häuser 2001, Stratz 2001]. Der Phantomschmerz, ein konditionierter Schmerz, ist seit langem bekannt. Er zeigt sich u. a. darin, dass der Patient bei amputierten Extremitäten noch den Schmerz, z. B. in den Zehen, spürt, obwohl diese durch die Amputation nicht mehr vorhanden sind. Diese Reflektion wird über das Gedächtnis gesteuert. Während der Schmerzen werden Neurotransmitter im Übermaß freigesetzt (z. B. Substanz P, Glutamat, Bradykinin). Auf dieser Transmitterbasis kann ein anhaltender starker Schmerzreiz einen Lernprozess auslösen, der zur Potenzierung der synaptischen Übertragungsstärke führt und in der Folge die Nervenzellen sensibel und übersensibel auf verschiedenste Reize reagieren. Es hat sich somit ein konditionierter Schmerz herausgebildet. Wie bereits beschrieben, können bestimmte Reize auch dann Schmerzen auslösen, wenn die schmerzverursachenden Faktoren bereits beseitigt sind [Sandkühler zitiert bei Ziegler 1999].

### 3.8 Konditionierte Gesundheitsbeeinträchtigungen durch Lärm

Tierexperimente bestätigen die Konditionierung von Gesundheitsbeeinträchtigungen bzw. von pathologischen Prozessen im Zusammenhang mit Lärm. So konnten Treptow et al. [Treptow et al. 1968b] durch permanente lärminduzierte Störungen der glykämischen Regulation permanente diabetogene Symptomatik (diabetische Stoffwechsellage) auslösen. Über mögliche Konditionierungsmechanismen beim Auslösen von stuporösem Verhalten (Zustand ohne erkennbare psychische und körperliche Aktivität), eleptiformen Anfällen (Epilepsie-ähnlichen), neurotischen Erscheinungen und arterieller Hypertonie durch Lärmwirkungen mit hohen Schallpegeln (80-110 dB(A)) berichten Nitschkoff und Kriwizkaja [Nitschkoff und Kriwizkaja 1968]. Schließlich soll noch Spreng [Spreng 1998] erwähnt werden, der ebenfalls lärminduzierte Konditionierungsmechanismen nachweisen konnte.

Diese Beispiele zeigen, dass die vielfältigen Funktionen des Zentralnervensystems, systemisch ausgerichtet sind und im Normalfall koordiniert zusammenwirken. Unter bestimmten Belastungsbedingungen (z. B. auch Lärm) können Störungen dieser Funktionen auftreten, die sich z. B. in einer Dekoordination äußern.

# 4 VEGETATIV-HORMONELL- IMMUNOLOGISCHES REGULATIONSSYSTEM

Zur Aufrechterhaltung der funktionellen Abläufe des „inneren Milieus“ eines Menschen im Sinne eines inneren Gleichgewichts (Homöostase), verfügt der menschliche Organismus über ein komplexes Regulationssystem, welches von der Hirnrinde (geistige Prozesse: Denken, Kreativität, Phantasie usw.) primär und vom limbischen System (Emotionen, Gedächtnis) sowie vom Hypothalamus (dem vegetativ-hormonellen Regulationszentrum), sekundär bzw. tertiär gesteuert wird.

Im Folgenden werden die drei Komponenten – das vegetative System, das hormonelle System, das Immunsystem – die funktional miteinander verbunden sind, kurz beschrieben. Sie können einander sowohl Signale senden, als auch Signale voneinander empfangen (vgl. [Kordon et al. 1989, Leo et al. 1998, Müller 1997]).

## 4.1 Das vegetative System

Das vegetative System wird vom vegetativen Nervensystem mit seinen Hauptkomponenten Nervus Sympathikus und Nervus Vagus (auch Nervus Parasympathikus genannt) kontrolliert. Die vegetative Regulation, die gemeinsam mit der hormonellen Regulation das Gleichgewicht des gesamten inneren Milieus eines Körpers (Homöostase) aufrechterhält, ist faktisch das Ergebnis der antagonistischen Funktionen von Sympathikus und Vagus (vgl. Abb. 4.1, Tab. 4.1). Diese „Gegenspielerfunktion“ beider Nerven besteht darin, dass der Sympathikus größtenteils aktiviert und der Vagus deaktiviert. Beispielsweise bewirkt der Sympathikus eine Erhöhung des Blutdrucks, der Vagus hingegen eine Senkung (vgl. Kapitel 2.5).

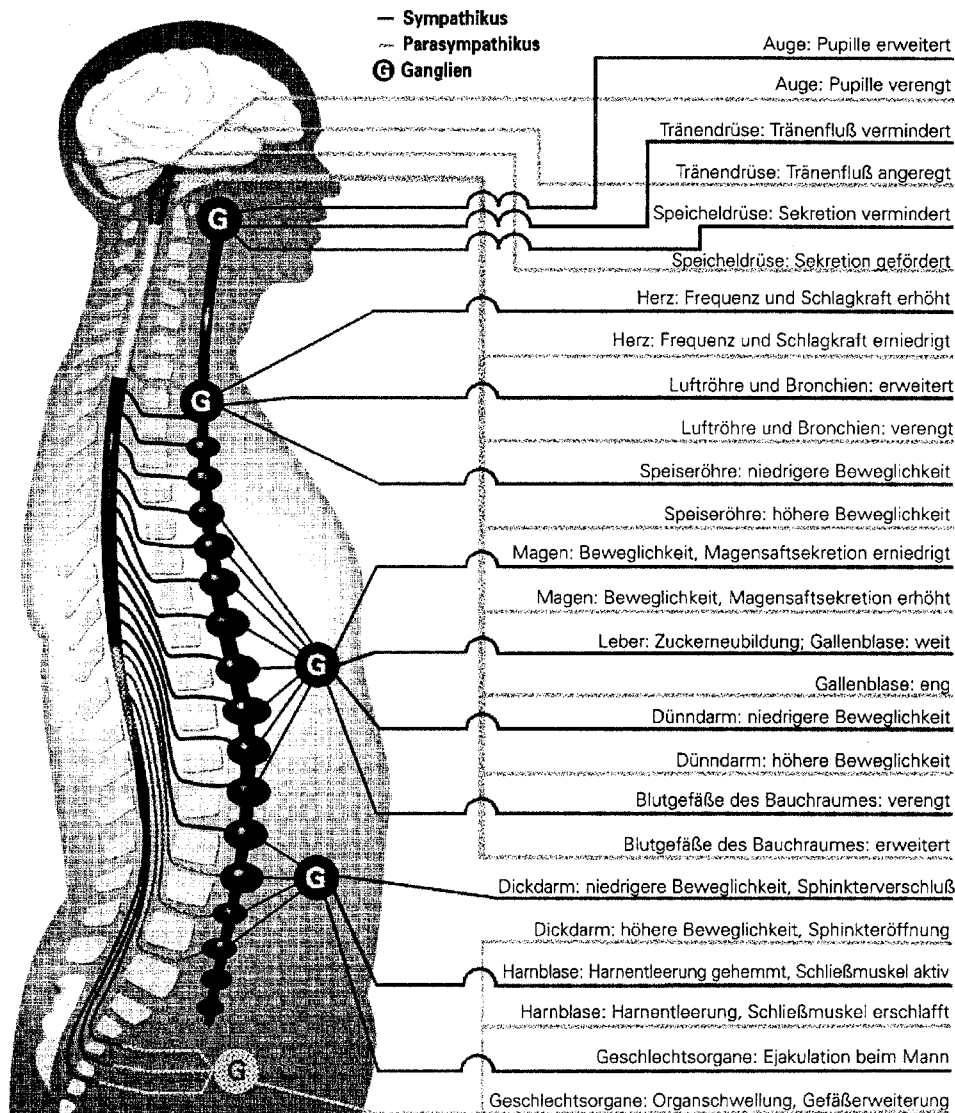


Abb. 4.1 Schematische Darstellung des vegetativen Nervensystems und seiner funktionellen Anteile Nervus Sympathikus und Nervus Vagus (= Parasympathikus). (Quelle: Adams 1998)

## 4.2 Homöostase und Balance des Sympathikus und Parasympathikus

Bereits der Pariser Physiologe Claude-Bernard (1813-1878) beschrieb das relative Gleichgewicht des inneren Milieus eines Organismus, die Homöostase. Nach heutigem Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass die Homöostase-Bedingungen am ehesten erfüllt werden, wenn sich Sympathikus und Parasympathikus weniger als Antagonisten, sondern als Synergisten im Gleichgewicht befinden (vegetative Normotonie). Das Ungleichgewicht zwischen beiden Anteilen dieses Regulationssystems kann Hinweise auf prä-morbide und morbide Prozesse geben. Darauf verwiesen bereits Eppinger und Hess [Eppinger und

Hess 1910]. Man unterscheidet heute zwischen Vagotoniker, Normotoniker und Sympathikotoniker. Vagotonie liegt bei erniedrigter Puls- oder Herzfrequenz, engen Pupillen, trockenen kühlen Händen und Füßen vor. Sympathikotonie ist der Zustand erhöhter Pulsfrequenz, erweiterter Pupillen und feuchter Hände.

Auf die Bedeutung der Dominanz von Vagotonie oder Sympathikotonie machte Siedeck [Siedeck 1955] im Zusammenhang mit dem Stressgeschehen aufmerksam. Siedeck beschrieb den vegetativen Dreitakt beim Stress mit drei verschiedenen Phasen. Die Alarmphase, als Hauptphase des Stressgeschehens, geht mit einem steilen Anstieg der Aktivität der Sympathikusfunktion einher, d. h., es treten gesteigerte Kreislauf- und Stoffwechselfunktionen auf. Danach folgt eine Erholungsphase. Sie geht einher mit dem Abklingen der Erregung der Sympathikusfunktion. Durch Einfluss des Parasympathikus kommt es zur Ruhestellung und zum Übergang in die Ausgangslage. Dieser Dreitakt des Vegetativums unter Stressoreinfluss garantiert nach Siedeck eine ökonomische Arbeitsweise des Organismus und führt auf diese Weise zur Adaptation. Dieser Vorgang kann entgleisen, wenn es bei verstärkten und gehäuften Reizen zur Aufhebung der Erholungsphase kommt. Im Zusammenhang mit diesen Untersuchungen wurde noch deutlich, dass bei Sympathikotonikern und Vagotonikern der vegetative Dreitakt unter Stressoreinfluss unterschiedlich verläuft. Beim Sympathikotoniker fehlt in diesem vegetativen Dreitakt die parasympathische Vorphase und die Erholungsphase verringert sich. Sie wird bei häufigeren Stressreizungen sehr schnell eliminiert. Der Vagotoniker dagegen hat unter Stress eine übersteigerte Vorphase. Die Alarmphase nach Siedeck tritt verspätet auf oder fehlt völlig.

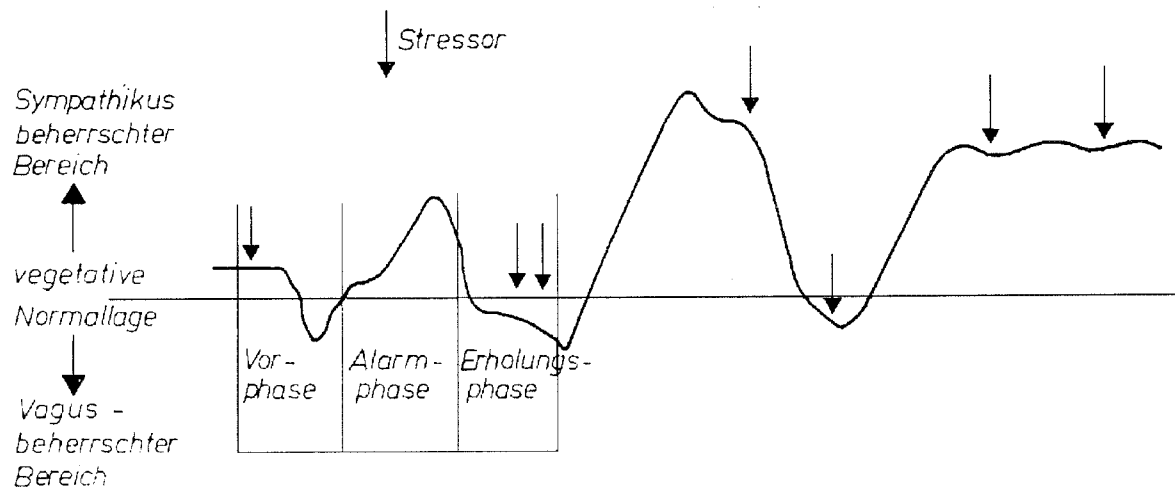


Abb. 4.2 Der vegetative Dreitakt des Stress nach Siedeck: Bei gehäuften und verstärktem Stressoreinfluss kann die Erholungsphase aufgehoben werden (Quelle: Siedeck 1955)

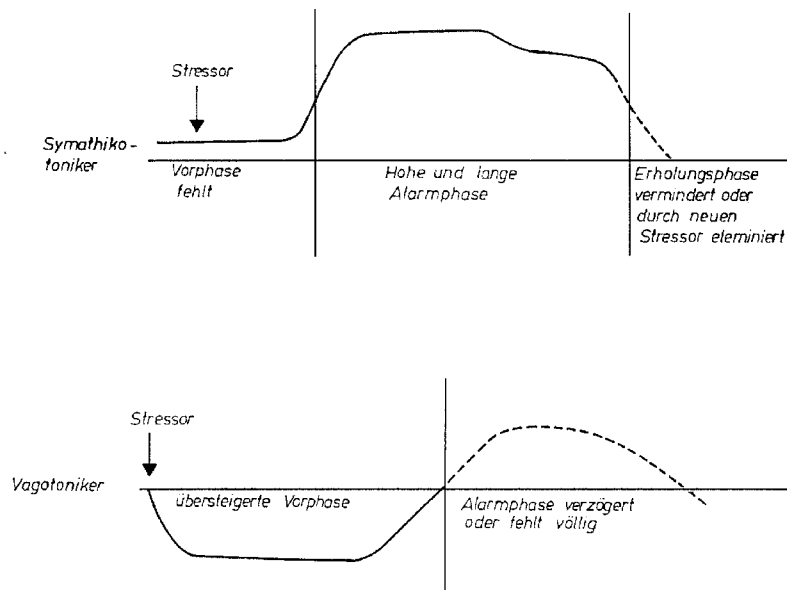


Abb. 4.3 Veränderung des vegetativen Dreitakts des Stresses in Abhängigkeit von den extremen vegetativen Reaktionslagen (Sympathikotonus und Vagotonus) (Quelle: Siedeck 1955)

Aus den Gesetzmäßigkeiten des Siedeck'schen vegetativen Dreitakts lässt sich erklären, dass bei der chronischen Verlaufsform des Stresses beim Vagotoniker andere pathophysiologische Prozesse ausgelöst werden als beim Sympathikotoniker. Bei dauerhafter Überbeanspruchung des Vagotonikers und des Sympathikotonikers können sich bei beiden sehr unterschiedliche pathologische (Krankheits-)Prozesse entwickeln.

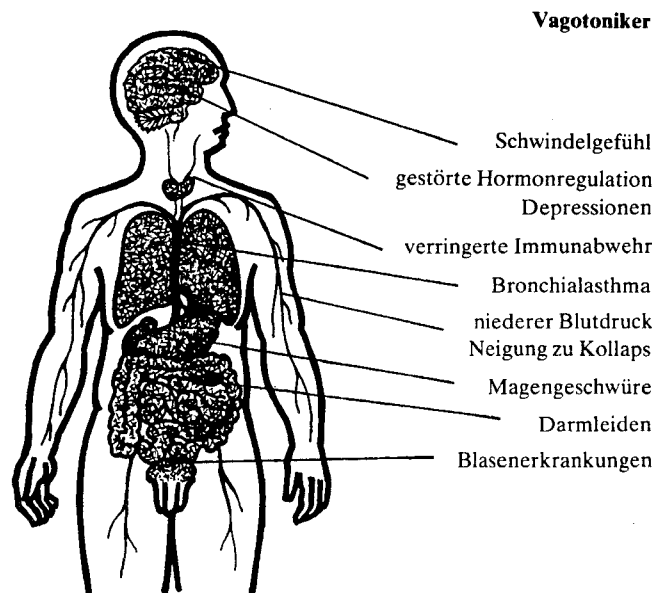


Abb. 4.4 Erkrankungen, die dominierend bei Vagotonikern unter permanentem Disstress entstehen können (Quelle: Seefeld 1989)

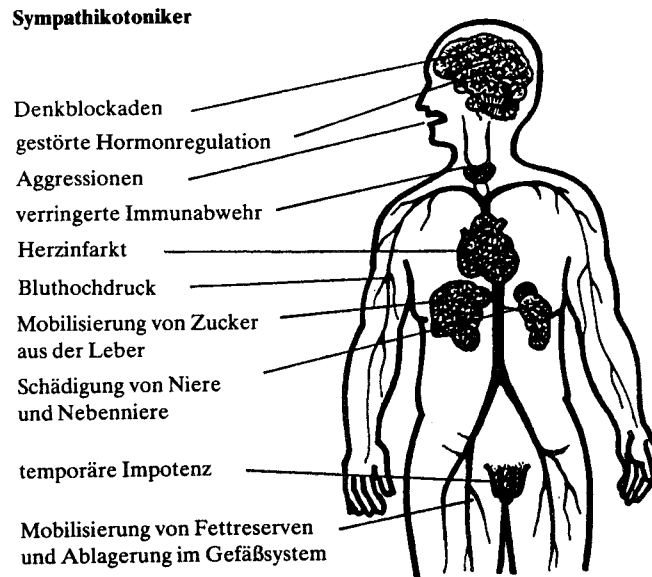


Abb. 4.5 Erkrankungen, die dominierend bei Sympathikotoniker unter permanentem Disstress entstehen können (Quelle: Seefeld 1989)

## 4.3 Das hormonelle System

Gemeinsam mit dem vegetativen System, häufig sogar mit überlappender Funktion, regulieren die Hormone das innere Milieu eines Körpers. Sie haben außerdem eine Transmitterfunktion (Überträgerfunktion) an der Verbindung zweier Nervenzellen (Synapse). Diese Hormone werden auch als Botenstoffe bezeichnet.

Das hormonelle System ist faktisch an jeder Zelle eines Menschen wirksam. Es besteht aus dem **endokrinen Anteil**, d. h. aus speziellen Drüsen, von denen jede ihre spezielle Funktion hat. Dazu gehören: Hypophyse (Hirnanhangsdrüse) als Steuerungsdrüse des endokrinen Systems, die ihrerseits vom Hypothalamus mittels spezifischer stimulierender oder inhibierender Hormone gesteuert wird, Schilddrüse, Nebennierenrinde, Bauchspeicheldrüse, Nebenschilddrüse, Geschlechtsdrüsen (Hoden und Eierstöcke), Epiphyse (Zirbeldrüse) und der Thymus, der auch die Verbindung zum Immunsystem aufrechterhält. (vgl. Abb. 4.6) Auch das Nebennierenmark stellt eine endokrine Drüse dar. Sie wird aber vom vegetativen Nervensystem kontrolliert.

Den **parakrinen Anteil** des Hormonsystems bilden spezielle Zellen, die über den ganzen Körper verteilt sind. Die Hormone, die in diesen Zellen produziert werden, werden als Gewebeghormone bezeichnet. Während das endokrine System die Hormone in das Blut abgibt, werden die parakrinen Hormone über das Zwischengewebe weitergeleitet und an den Zielort gebracht, der sich gewöhnlich in unmittelbarer Nähe befindet.

Schließlich vermögen auch Nervenzellen Hormone zu produzieren. In diesem Fall wird von Neurohormonen und vom **neurokrinen Anteil** des Hormonsystems gesprochen. Neurohormone können in das Blut abgesondert oder direkt zur Synapse gebracht werden.

Neurohormone beeinflussen sehr stark die Funktionszustände eines Menschen. Ein Gemisch aus bestimmten Hormonen kann bestimmte Funktionszustände und Stimmungen herstellen, z.B. Heiterkeit oder Traurigkeit [Zehentbauer 1996].

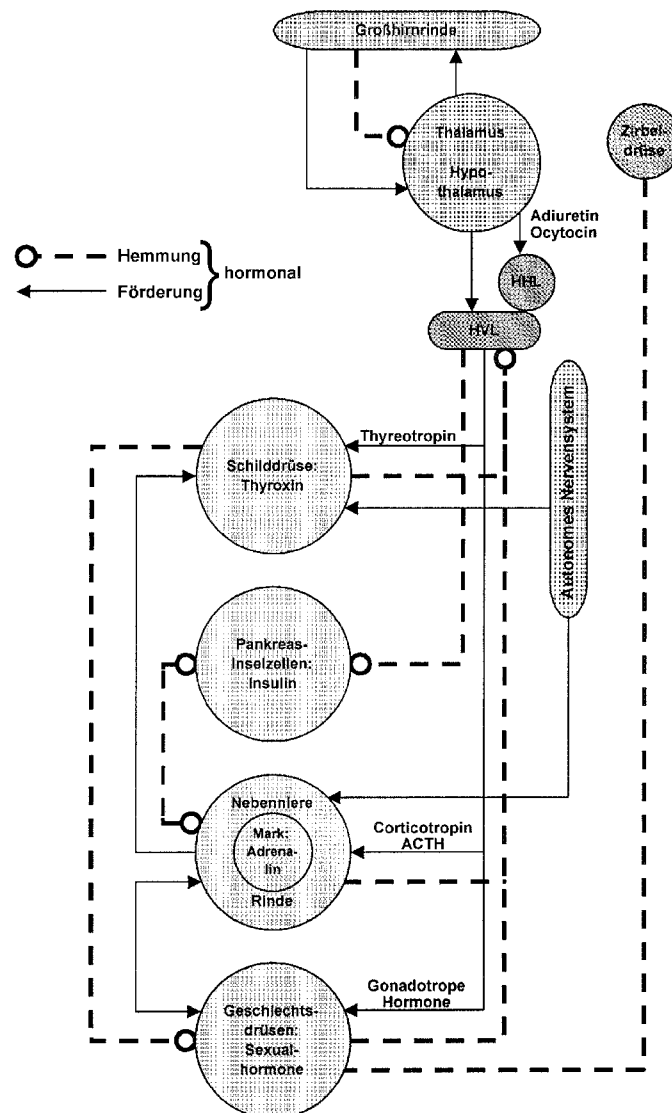


Abb. 4.6 Schematische Darstellung des endokrinen Systems  
(Quelle: nach Bartels 1987)



## 4.4 Das Immunsystem

Obgleich Selye [Selye 1936, 1953, 1956] in seinen ersten Arbeiten schon Beziehungen zwischen Nebennierenrindenhormonen (Cortisol) und Immunsystem nachwies und dabei zeigte, dass Stress das Immunsystem schwächt, hat sich die Psychoneuroimmunologie erst im letzten Jahrzehnt als medizinisch-wissenschaftliche Disziplin herausgebildet [Schedlowski 1996b].

Ebenso wie das vegetative System und das Hormonsystem unterliegt das Immunsystem der Steuerung und Regulation der verschiedenen Regionen des Gehirns und ist eng mit dem hormonellen System verbunden (vgl. Abb. 4.7). Bestimmte Hormone stimulieren die Rezeptoren des Immunsystems und veranlassen immunologische Wirkungen (vgl. Tab. 4.1). Das Immunsystem ist ähnlich wie das Hormonsystem über den ganzen Körper verstreut (vgl. Abb. 4.8). Dazu gehören Knochenmark, Thymus, Milz, Lymphknoten, Tonsillen (Mandeln), Peyersche Platten. Bei Stress wird aber nicht nur Cortisol freigesetzt, sondern zahlreiche andere Hormone. Infolge dessen können massive Veränderungen im Immunsystem vor sich gehen (vgl. Tab. 4.1). Nach neuesten Erkenntnissen bestehen enge Beziehungen zwischen Zellen des Gehirns und Zellen des Immunsystems. Vor allem sollen Nerven- und Immunzellen während des Deltaschlafstadiums (Tiefschlaf) miteinander kommunizieren [Brown 1996].

Daraus kann abgeleitet werden, dass chronische Schlafstörungen und häufige Störungen der Tiefschlafphase durch nächtlichen Lärm das Immunsystem schwächen können. Dem Schlafmediziner ist dieser Zusammenhang nicht unbekannt. Es wird immer wieder beobachtet, dass chronisch Schlafgestörte anfälliger gegen Infektionen sind als Schlafgesunde. Da nächtlicher Lärm Schlafstörungen und eine veränderte Ausschüttung von Hormonen verursachen kann [Maschke et al. 1995a, 1995b, 1997a], besteht die Möglichkeit, dass infolge einer lärmbedingten Stressinduzierung, die Gesundheit auch durch die Schwächung des Immunsystems beeinträchtigt wird.

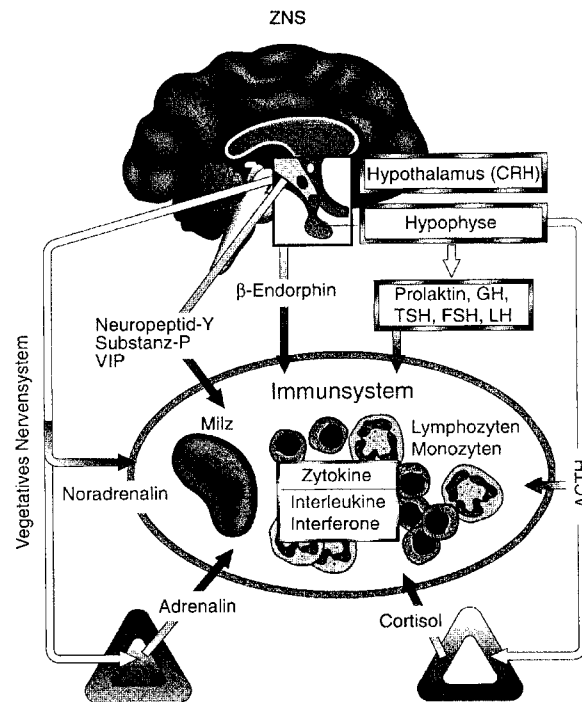


Abb. 4.7 Schematische Darstellung der Struktur des neuro-psycho-Immunsystems (Quelle: Schedlowski 1996a)

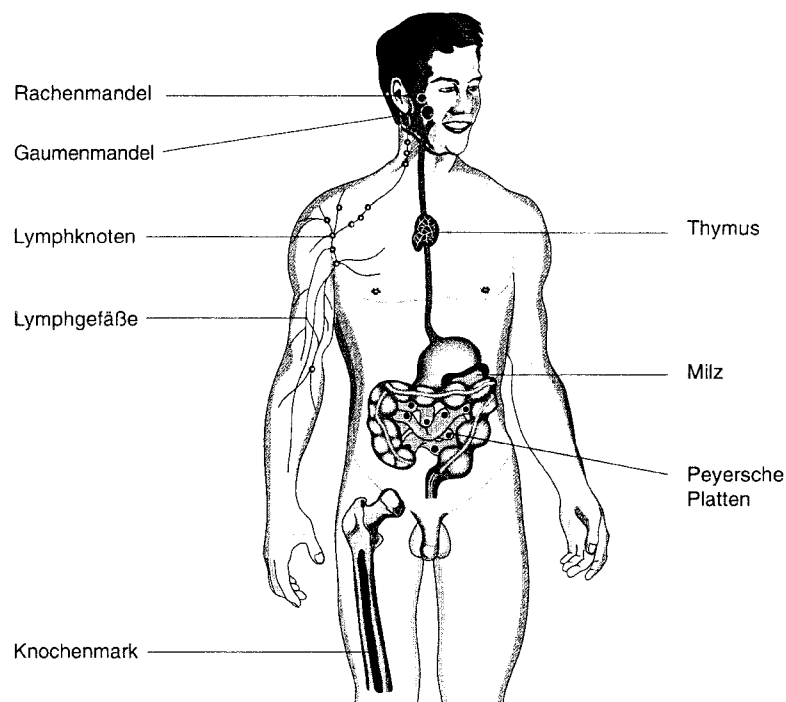


Abb. 4.8 Die wichtigsten Organe des Immunsystems (Quelle: Schedlowski 1996a)

Tab. 4.1 Übersicht über neuroendokrine Faktoren mit immunologischer Kompetenz. Die Wirkungen beziehen sich auf in vivo Forschungsbefunde. Beobachtungen, die in vitro beschrieben wurden, sind vermerkt (? = vermutlich). (Quelle: Schedlowski 1996a)

Hormone	Rezeptoren im Immunsystem	Wirkung
Glukokorticoide	alle immunkompetenten Zellen	- hemmt Zytokin-Produktion - inhibiert T-, B-Lymphozytenreaktivität und NK-Aktivität
Prolaktin	T- und B-Lymphozyten, NK-Zellen (?)	- stimuliert T-, B-Lymphozytenreaktivität
Wachstumshormon (GH)	Thymozyten, mononukleare Leukozyten	- stimuliert T-Lymphozytenreaktivität und NK-Aktivität, steigert die Thymusgröße
Katecholamine (Adrenalin / Noradrenalin)	$\beta_2$ -Adrenozeptoren auf allen Lymphozytensubpopulationen, $\alpha$ -Adrenozeptoren (?)	- hemmt T-Lymphozytenreaktivität - stimuliert NK-Aktivität - stimuliert Lymphozytenmikration (insbesondere NK-Zellen)
$\beta$ -Endorphin	Leukozyten und Lymphozyten	- stimuliert T-Lymphozytenreaktivität und NK-Aktivität (aber auch suppressive Effekte beschrieben)
Substanz-P	T- und B-Lymphozyten	- stimuliert Antikörper-Sekretionsrate und Lymphozytenproliferation
Vasoaktives Intestinales Peptid (VIP)	Monozyten, T- und B-Lymphozyten	- stimuliert Lymphozytenmigration
Kortikotropin-Releasing-Hormon (CRH)	Milzmakrophagen	- indirekte Hemmung der NK-Aktivität (über das sympathische Nervensystem)
Adrenokortikotropes Hormon (ACTH)	mononukleare Leukozyten, T- und B-Lymphozyten	- stimuliert / inhibiert Antikörperproduktion (in vitro) - hemmt $\gamma$ -IFN-Produktion (in vitro)
Enkephaline	Leukozyten und Lymphozyten	- stimuliert NK-Aktivität - hemmt Antikörperantwort, T-Lymphozytenreaktivität und NK-Aktivität (in vitro)
Neuropeptid-Y	(?)	- hemmt NK-Aktivität (in vitro)
Thyreotropin (TSH)	Phagozyten, B-Lymphozyten	- stimuliert Antikörperantwort (in vivo und in vitro)
Follikel-stimulierendes Hormon (FSH)	(?)	- stimuliert T-Lymphozyten (in vitro)
Luteinisierendes Hormon (LH)	(?)	- stimuliert T-, B-Lymphozytenreaktivität und IL-1- und IL-2-Produktion (in vitro)

### 4.4.1 Lärminduzierte vegetativ-hormonelle Reizantworten

Stressinduzierte vegetativ-hormonelle Reizantworten sind sehr unterschiedlich und je nach Bedarf der Optimierung des Adaptationsprozesses des Individuums gesetzmäßig geordnet.

1. Sehr schnelle Reizantworten nach dem Schalleinfluss zeigen Nervenprozesse und die Prozesse der willkürlichen Muskulatur als Folge der Aktivierung des Zentralnervensystems. Sie werden in Millisekunden und Sekunden gemessen.
2. Schnelle Reizantworten betreffen die glatte Muskulatur, endogene Hormondrüsen, exogene Hormonzellen als Folge der Aktivierungen des vegetativen Nervensystems und des Hypothalamus (bis zu einer Minute).
3. Langsamere Reizantworten als Folge der Umstellung auf einen Dauerlevel, z. B. Noradrenalin der Nebenniere (circa 8 Minuten) treten über die Steuerungsfunktion des Hypothalamus auf.
4. Sehr langsame Reizantworten ebenfalls als Folge der Umstellung auf Dauerlevel, z. B. Cortisol (20-30 Minuten), sind eine Antwort auf die Steuerungsfunktion des Hypothalamus auf das hormonelle System.

Schedlowski et al. [Schedlowski et al. 1993] haben diese Zeitreaktionen überzeugend am Stress beim Fallschirmsprung demonstriert (Abb. 4.9). Adrenalin und Herzfrequenz reagieren innerhalb einer Minute. Noradrenalin zeigt den Gipfel der Reaktion nach ca. 8 Minuten und Cortisol erst nach ca. 30 Minuten.

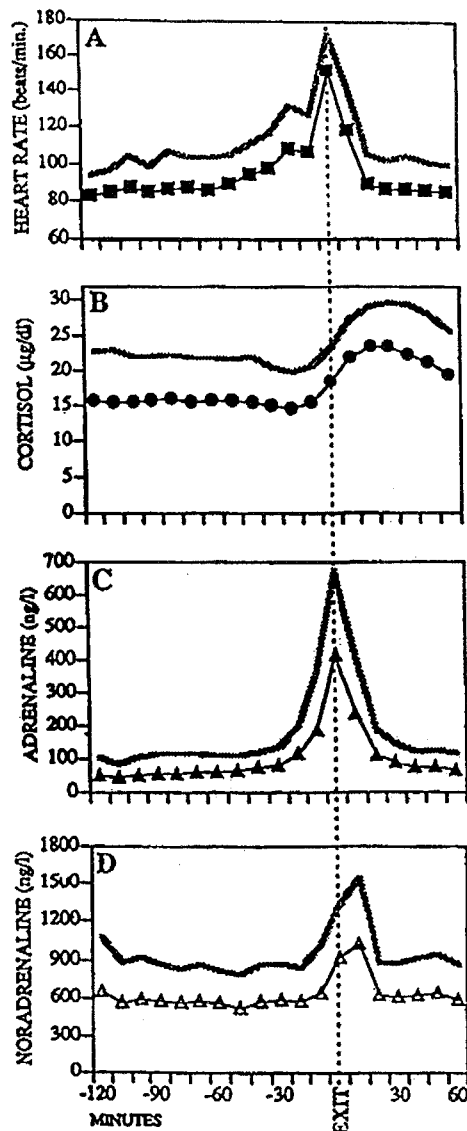


Abb. 4.9 Herzfrequenz (A) und Höhe von Cortisol (B), Adrenalin (C) und Noradrenalin (D) vor, während und nach einem Sprung in 10-Minuten Intervallen von 120 Minuten vor bis 60 Minuten nach dem Sprung (Schedlowski et al. 1993)

#### 4.4.2 Schlaf

Schlaf beschreiben oder definieren zu wollen, stellt sich als ein schwieriges Problem dar. Je nachdem, unter welchem Aspekt der Schlaf betrachtet wird, verändern sich die Schwerpunkte eines Definitionsversuches. Dem Psychologen dienen Schlaf und Traum z. B. als Modelle von Bewusstseinsveränderungen, als Weg in das Unbewusste. Biologisch gesehen handelt es sich bei dem Phänomen Schlaf um Erholungsvorgänge des Gehirns, um den Wechsel von Aktivität und Ruhe in Beziehung zur Tag-Nacht-Periodik. Neurophysiologisch werden Schlafvorgänge als Elektroenzephalogramm (EEG) registriert und klassifiziert.

Die Ausgewogenheit der Kardinalzustände Wachsein und Schlaf (REM (Traumschlaf), Non-REM) stellt die Grundlage für Gesundheit und Lebensqualität dar [Koella 1988, Moore-Ede 1993, Hecht 1993c, Adam 1998, Fischer et al. 2000]. Eine langfristige Störung dieser biologischen und psychosozialen Rhythmik kann zu Gesundheitsbeeinträchtigungen führen.

### 4.4.3 Schlafprofile, zirkadianer Rhythmus und Hormone

Der Schlaf ist in einen 24-Stunden-Rhythmus (zirkadianer Rhythmus) eingebettet und läuft selbst zyklisch ab. Die Verweildauer in den tiefen Schlafstadien (Slow-Wave-Sleep) nimmt aufgrund des zirkadianen Rhythmus mit der Schlafzeit ab, die Verweildauer im REM-Schlaf mit der Schlafzeit zu. Der zyklische Ablauf der Schlafstadien ist Teil einer ultradianen Periodik (kürzere Periodik als der zirkadiane Rhythmus). Diese Rhythmen charakterisieren auch die endokrine Regulation und sind bei den Hormonen besonders deutlich.

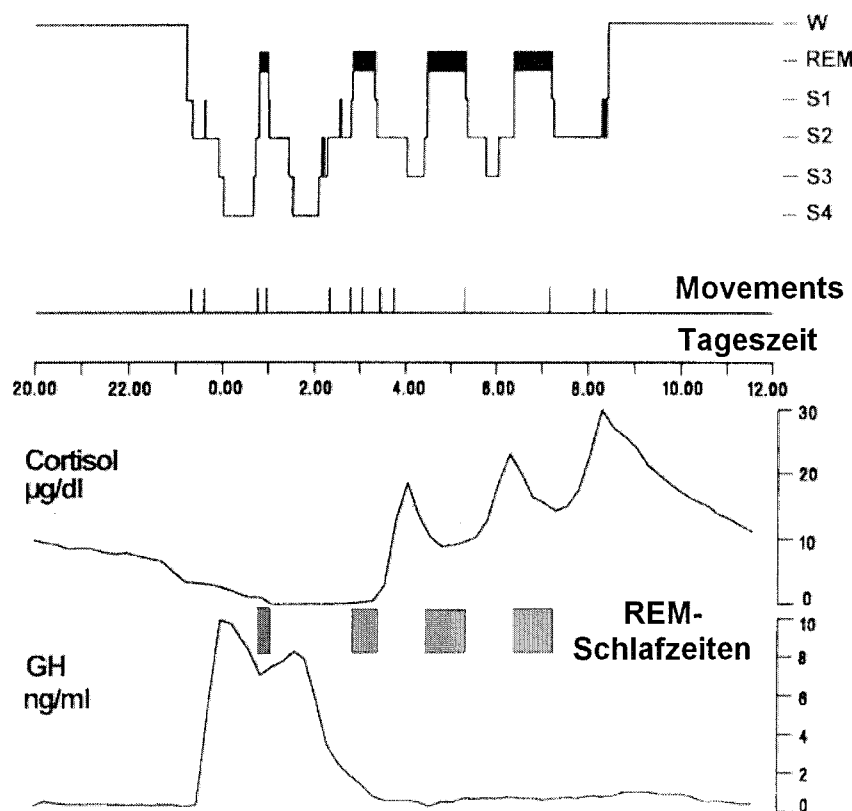


Abb. 4.10 Typisches Schlafzyklogramm eines jungen, gesunden Schlafers und nächtlicher Verlauf der Plasma-Cortisolkonzentration sowie der Wachstumshormone (HG). Die gestrichelten Kästchen markieren die REM-Schlafzeiten (Quelle: nach Born et al. 2000)

Die ACTH / Cortisolkonzentrationen erreichen im ungestörten Schlaf ein Minimum in den frühen Nachtstunden (Cortisol-Nadir) und steigen in der zweiten Hälfte der Nacht stark an.

Die Konzentrationen erreichen ein Maximum zur Zeit des morgendlichen Erwachens [Born et al. 1986, 1998, 2000]. Der Cortisol-Nadir (Tiefpunkt) fällt auf neuraler Ebene mit dem Auftreten von Tiefschlafphasen (Slow-Wave-Sleep) zusammen. Die Tiefschlafphasen (SWS) während der frühen Nacht sind nicht nur mit einer minimalen Cortisolfreisetzung verbunden, sondern auch mit der höchsten Sekretion von Wachstumshormonen. Auf diese Art entsteht ein zirkadianes Muster der neuro-endokrinen Regulation, das für den ungestörten Schlaf spezifisch ist [Born et al. 2000].

Einen vereinfachten Zugriff auf die endokrine Regulation ermöglichen Erkenntnisse aus der medizinischen Schlafforschung. Eine erhöhte Cortisolkonzentration zum physiologischen Cortisol-Tiefpunkt kann als ein essentieller Marker von chronischem Stress angesehen werden [Born et al. 2000]. So leiden depressive Patienten an Schlafstörungen, die mit einer beträchtlichen Abnahme an Slow-Wave-Sleep und einer verminderten Sekretion von Wachstumshormonen einhergehen [Steiger et al. 1993]. Bestimmte Formen der Depression sind nachweislich auf eine chronisch gestörte zirkadiane Rhythmik zurückzuführen.

Der Cortisol-Tiefpunkt (Nadir) liegt aufgrund des zirkadianen Rhythmus im ersten Teil der Nacht, und die Cortisolfreisetzung im Plasma ist am Morgen um den Faktor 10 höher [Born et al. 2000]. Deshalb besteht die größte Wahrscheinlichkeit zum Nachweis von endokrinen Arousals in der ersten Nachthälfte. Weiterhin lässt sich die Problematik interindividueller Unterschiede und zirkaseptaner Rhythmen (Wochenrhythmen) minimieren, wenn ein Cortisolquotient (1. Nachthälfte / 2. Nachthälfte) gebildet wird.

Ein weiteres Merkmal der neuroendokrinen Regulation während des frühen Schlafs ist deren Empfindlichkeit für belastende Ereignisse, die zuvor während des Wachzustands bestanden. Dies konnte für akute (körperlich und psychologisch) Stressoren nachgewiesen werden (z.B. [Born et al. 2000]). Die Ergebnisse lassen erkennen, dass die während des frühen Schlafs erreichte minimale Cortisolkonzentration als Markersubstanz bezüglich der Stressbewältigung angesehen werden kann.

In den bisher vorliegenden Lärm-Stressuntersuchungen wurde vorwiegend die Katecholamin- bzw. Cortisolkonzentration als Summenparameter aus dem Sammelharn erhoben und mit Kontrollgruppen verglichen (Übersicht z. B. bei [Ising et al. 2000]). Die Ergebnisse sind nicht einheitlich und zeigen sowohl (signifikante) Erhöhungen, unveränderte Ausscheidungen [Basner et al. 2001] als auch Subgruppen mit erniedrigten Cortisolwerten [Harder 1998]. Zusätzlich sind starke zirkaseptane Rhythmen zu beachten.

#### 4.4.4 Lärmbedingte Cortisolausschüttung im Schlaf

Die Aktivierungshormone, die auch als Stresshormone bezeichnet werden, stellen ein zentrales Bindeglied zwischen Lärm und Gesundheitsbeeinträchtigung dar [z.B. Maschke et al. 2000]. Stressorientierte Verkehrslärmuntersuchungen [Maschke 1992, Maschke et al. 1995, Braun 1998] zeigen, dass die mittlere Cortisolausscheidung durch nächtlichen Verkehrslärm akut erhöht werden kann (vgl. Abb. 4.11). Gleichzeitig sind das Schlaferleben und die morgendliche Befindlichkeit der Versuchspersonen verschlechtert.

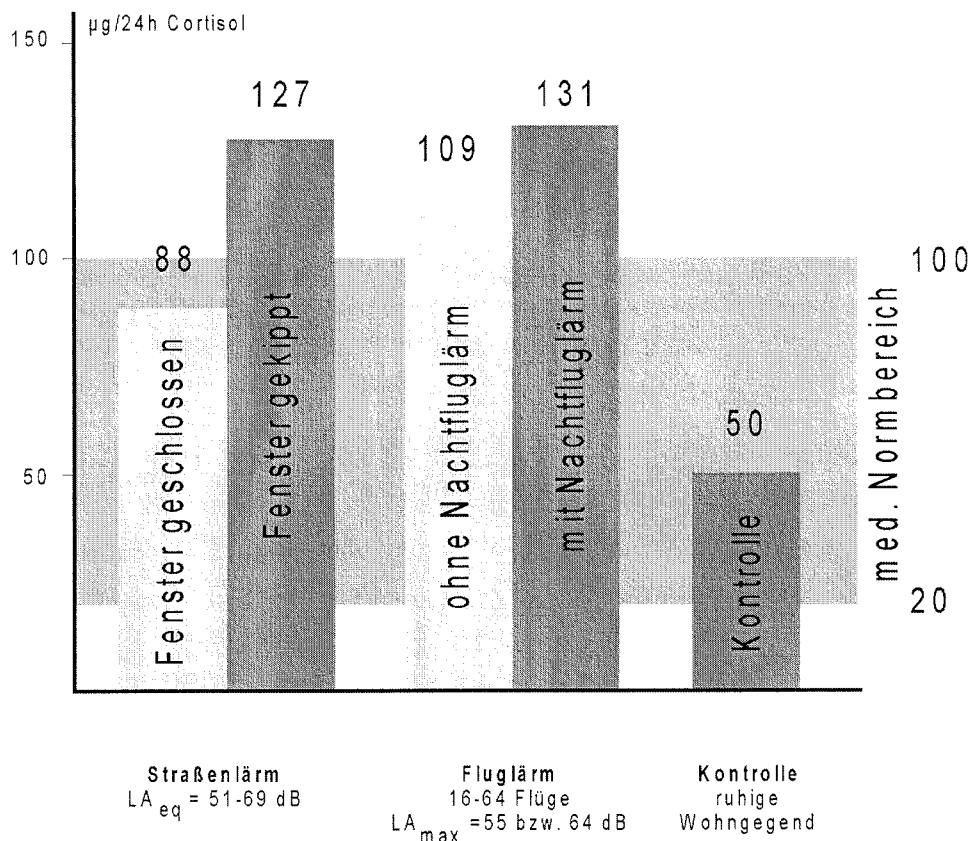


Abb. 4.11 Cortisolausscheidung bei unterschiedlicher nächtlicher Verkehrslärmbelastung. Nächtliche Mittelwerte über jeweils 2-5 Tage, umgerechnet auf eine 24-Stunden Ausscheidung (Maschke et al. 1998).

Solche erhöhten Cortisolausscheidungen können Krankheitswert haben, sofern die Niveauverschiebung über eine längere Zeitspanne bestehen bleibt. Der Frage nach einer Gewöhnung (Habituation) an die nächtliche Geräuschbelastung wurde in einer experimentellen Längsschnittstudie nachgegangen, die in der Umgebung des Hamburger Flughafens Fuhlsbüttel durchgeführt wurde [Harder et al. 1998].

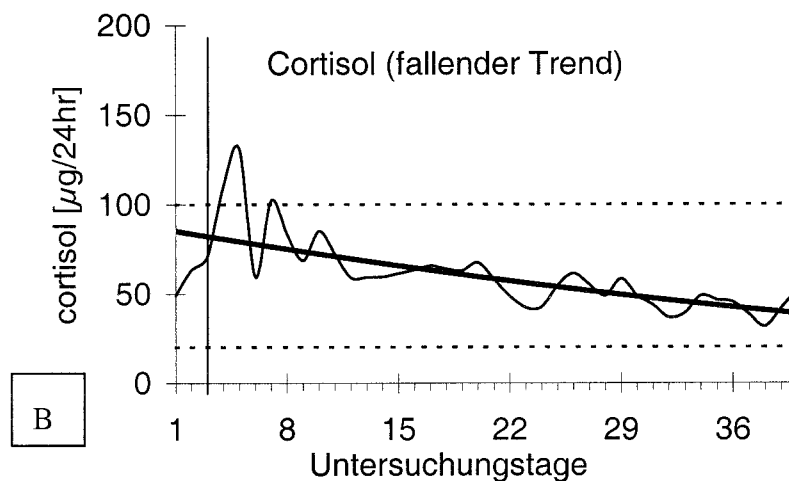
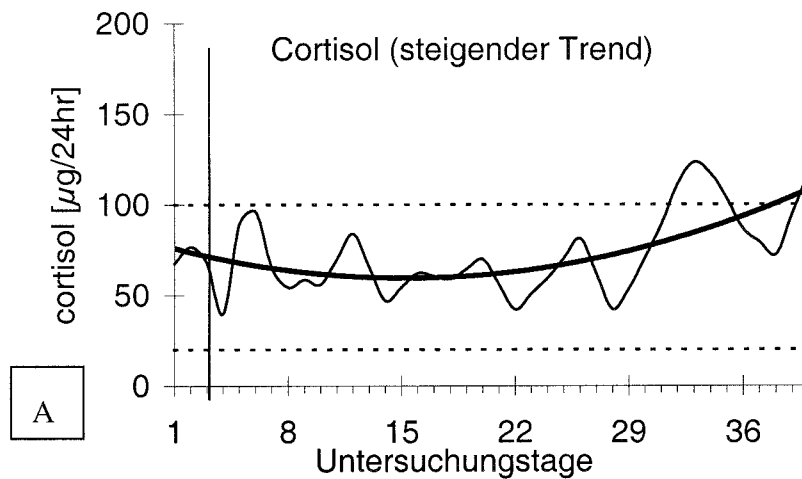
Untersucht wurden 16 Flughafenanwohner über einen Zeitraum von 40 Nächten. Die Probanden schliefen in ihrer eigenen Wohnung und wurden mit nächtlichem Fluglärm beschallt. Dazu wurden jede Nacht 32 Starts bzw. Landungen mit Überflugpegeln von  $L_{Amax} = 65$  dB elektroakustisch simuliert. Der Nachturin wurde gesammelt und analysiert. Zusätzlich wurden täglich subjektive Daten durch Befragung erhoben. Am Anfang und am Ende der Untersuchung wurde ein Stressregulationstest nach Hecht & Balzer [Maschke 1998b] durchgeführt.

Die Verläufe der Cortisolausscheidungen zeigen, dass es keine Habituation an nächtlichen Fluglärm zu geben scheint. Vielmehr sind – in Übereinstimmung mit Tierexperimenten – drei Adaptationsmuster zu unterscheiden, die in den folgenden Bildern (Abb. 4.12) dargestellt sind. Aufgetragen ist die 24h-Cortisolausscheidung über einen Untersuchungszeitraum von 40 Tagen hinweg. In den Diagrammen ist sowohl der gemessene Verlauf der mittleren



Cortisolausscheidung („glatte“ Kurve) als auch deren Trend 2. Ordnung („geschwungene“ Kurve) eingezeichnet.

Zur präventivmedizinischen Bewertung wurde der medizinische Normbereich eingezeichnet. In den ersten drei Untersuchungstagen wurde kein nächtlicher Fluglärm eingespielt. Diese Tage sind durch einen Längsstrich gekennzeichnet.



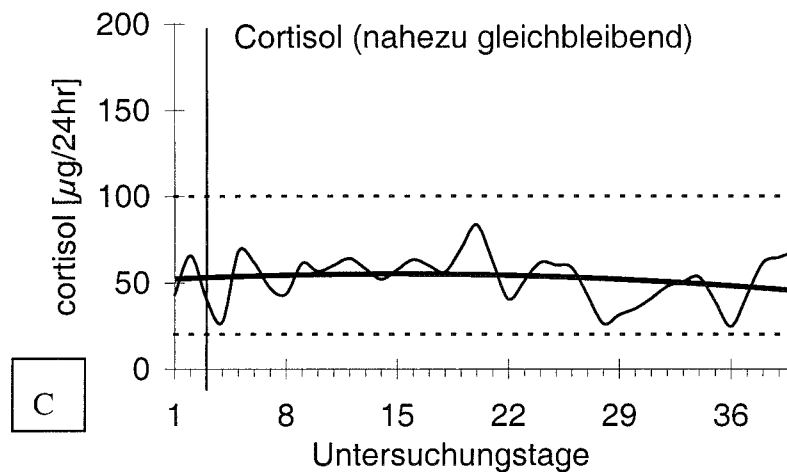


Abb. 4.12 Unterschiedliche Adaptationstypen an nächtlichen Fluglärm (Quelle: Harder 1998)

Die erste Abbildung (Abb. 4.12 a) zeigt ein Reaktionsmuster, bei dem sich nach einer Phase der Gegenregulation (Fallen des Cortisolspiegels) eine Sensibilisierungsphase mit einem Anstieg der Cortisolausscheidung anschließt. Die Initialreaktion auf den einsetzenden nächtlichen Fluglärm ist ausgeprägt, die Cortisolwerte bleiben aber innerhalb des medizinischen Normbereiches.

Die zweite Abbildung (Abb. 4.12 b) zeigt ein Reaktionsmuster mit einer starken Initialreaktion, an die sich ein kontinuierlich fallender Verlauf der Cortisolkonzentration anschließt. Die Initialreaktion überschreitet den medizinischen Normbereich deutlich. Die Cortisolwerte der ersten Woche entsprechen in etwa den Ergebnissen der Berliner Fluglärmstudie (Abb. 4.11).

Die dritte Abbildung (Abb. 4.12 c) zeigt ein Reaktionsmuster, bei dem sich der Trend der Cortisolausscheidung nur geringfügig ändert. Die Initialreaktion ist ebenfalls gering. Es überwiegt ein zirkaseptaner Rhythmus (Wochenrhythmus) der Cortisolausscheidung.

Die Ergebnisse dieses Langzeitexperiments zeigen, dass die nächtliche Cortisolausscheidung einem ausgeprägten zirkaseptanen Rhythmus folgt. Für die Mehrheit der Probanden (ca. 2/3) war keine Adaptation an den nächtlichen Lärm, sondern sowohl Hyper-Cortisolismus als auch Hypo-Cortisolismus zu beobachten. Die Frage, ob von einer Erhöhung der Cortisolausscheidung auch bei einer längeren Expositionszeit auszugehen ist, kann mit einer Untersuchung von Larina [Larina et al. 1997] beantwortet werden, in der die Cortisolausscheidung unter simulierten Raumfahrt-Bedingungen (Immobilität) über mehr als 20 Wochen untersucht wurde. Das Cortisolniveau nahm nach einer Phase der Gegenregulation innerhalb der ersten Wochen auf nahezu das doppelte der Ausgangswerte zu und blieb auf diesem hohen Niveau bis zum Ende des Experiments.

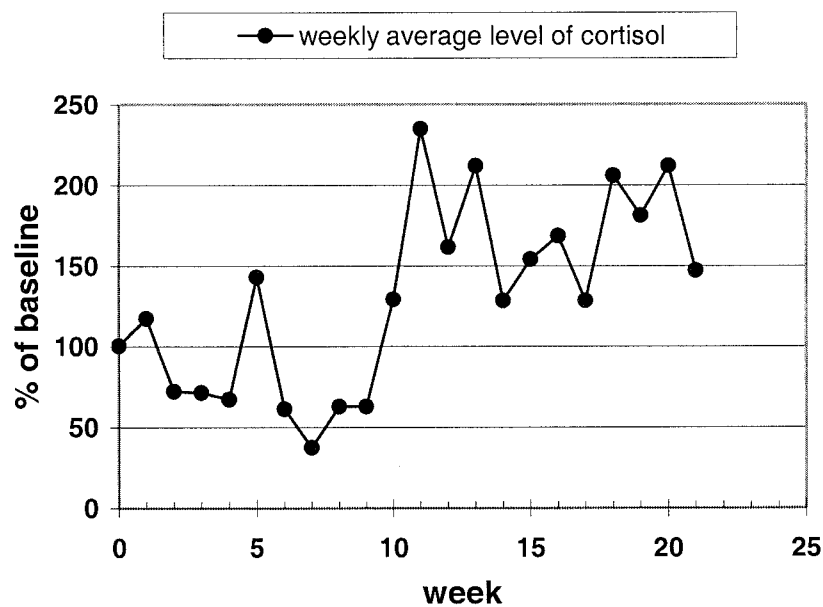


Abb. 4.13 Physiologisches Monitoring unter simulierter Raumfahrt-Bedingung  
(Quelle: nach Larina et al. 1997)

Die gesundheitlichen Folgen von Hyper-Cortisolismus sind vielfach in der Literatur beschrieben und umfassen Arterienverkalkung, Steroiddiabetes, Immunsuppression und gastrointestinale Ulcera [z.B. Sapolsky et al. 1989, Spreng 1998]. Ebenso ist eine chronische Dysregulation, in Form von Hypo-Cortisolismus, als ein ernstes Gesundheitsproblem einzustufen [Oelkers 1998].

## 4.5 Schlafqualität und Lebensrhythmus

Die Schlafmedizin vertritt den Standpunkt, dass für die Schlafqualität nicht die Dauer des Schlafes, sondern sein regelmäßiger rhythmischer Ablauf ausschlaggebend ist [u.a. Faust 1991, Wejn et al. 1989, Hecht 1992a, 1992b, 1993a, 1993b, 1998]. Dies wird in Untersuchungen dadurch bestätigt, dass ein Häufigkeitsmaximum der Aufstehzeiten ebenso wie an den Wochentagen auch am Wochenende zu beobachten, und insgesamt nur eine relativ geringe Verschiebung der Aufstehzeiten nachzuweisen ist.

In keiner medizinischen Disziplin ist die Chronobiologie so stark vertreten wie in der Schlafmedizin. Die Psychophysiologie des Schlafes kann heute nur auf der Grundlage des rhythmischen Ablaufs des Wach-Schlaf-Zyklus, der REM- und Non-REM-Phasen und des Basis-Ruhe-Aktivitätszyklus (BRAC) verstanden werden [Kleitman 1963, Webb et al. 1981, Hume 1983, Zulley 1985, 1993, 1994, 1995a, 1995b, Mistelberger 1989, Dinges 1989a, 1989b, 1989c, Monk 1989, Graeber 1989, Roehrs et al. 1989, Perry et al. 1990, Waterhouse et al. 1992, Ehlenz et al. 1993, Balzer et al. 1993, Hildebrandt et al. 1993].

Schlafmediziner empfehlen für die Sicherung einer hohen Schlafqualität regelmäßiges Zubettgehen und Aufstehen. (Zitat Faust und Hole [Faust et al. 1991]: „...den physiologischen

*Schlafablauf vertiefen, indem man möglichst häufig zur gleichen Zeit zu Bett geht und zur gleichen Zeit aufsteht“.*

## 4.6 Präventivmedizinische Bewertung von lärmbedingten Schlafstörungen

Die vorgestellten Untersuchungen zeigen, dass der Vermeidung von lärmbedingten Schlafstörungen eine große präventivmedizinische Bedeutung zukommt. Schlafstörungen sind als Disstress einzustufen, der in seiner chronischen Form die Gesundheit beeinträchtigt. In diesem Zusammenhang ist aber zu beachten, dass lärmbedingte Schlafstörungen nicht nur von der Intensität des nächtlichen Geräusches abhängen. Als wichtigste nichtakustische Einflussgrößen (Moderatoren) sind das Alter der Betroffenen, Persönlichkeitsmerkmale und der Zeitpunkt der Lärmexposition zu nennen.

Bei den Persönlichkeitsmerkmalen ist festzuhalten, dass ängstliche oder lärmempfindliche Personen auf nächtlichen (Verkehrs-)Lärm stärker reagieren, als der durchschnittliche Mensch [Maschke et al. 1995b, 1997b]. Wird das Einschlafen durch Lärm gestört, ist diese Störung mit einer außerordentlich hohen Belästigung verbunden [Maschke et al. 1997b]. Treten lärmbedingte Störungen in den Morgenstunden auf, so können diese Störungen im Schlafablauf nicht mehr kompensiert werden und beeinträchtigen stark die Erholung im Schlaf [Maschke et al. 1992].

Nach den Empfehlungen der World Health Organization [Bonney 2000] soll ein nächtlicher äquivalenter Dauerschallpegel von  $L_{eq,innen} = 30 \text{ dB(A)}$  und Maximalpegel von  $L_{max,innen} = 45 \text{ dB(A)}$  nicht überschritten werden, um Schlafstörungen zu vermeiden. Vergleichbare Empfehlungen sind auch dem interdisziplinären Arbeitskreis für Lärmwirkungsfragen beim Umweltbundesamt [UBA 1990] zu entnehmen. Ein nächtlicher äquivalenter Dauerschallpegel von 30 dB(A) am Ohr des Schlafers und Maximalpegel unter 40 dB(A) sind nach Ansicht des Arbeitskreises geeignet, Schlafstörungen weitgehend zu vermeiden.

## 4.7 Grundriss der Chronobiologie

*„Die Entwicklung der naturwissenschaftlichen Biologie und Medizin hat lange Zeit der Erforschung der raumgestaltlichen und stofflichen Eigenschaften des Lebens den Vorzug gegeben und eine gleichrangige Wissenschaft von den zeitlichen Dimensionen der Lebensvorgänge vernachlässigt. Die junge Wissenschaft der Chronobiologie stellt eine Vielzahl von Rhythmen fest, die die Abläufe des Lebens gliedern.“*

*„Der Umgang mit rhythmischen Funktionen soll zu einer Schulung des systemischen Denkens und letztlich zu einer ganzheitlichen Sicht führen“ [Hildebrandt et al. 1998].*

*„Nicht zu wissen, dass man eine Zeitstruktur hat, ist so als wüsste man nicht, dass man ein Herz oder eine Lunge hat.“ „In jedem Aspekt unserer Physiologie und unseres Lebens*

*erkennen wir, dass wir der Ordnung unterworfen sind, die wir Zeit nennen“ (Luce 1970, Report of US Department of Health, Education and Welfare).*

Das Leben von Mensch, Tier und Pflanze auf unserem Planeten ist so eingerichtet, dass alle Prozesse im rhythmischen Wechsel von Aktivierung und Deaktivierung verlaufen.

<b>Aktivierung</b>	⇔	<b>Deaktivierung</b>
Arbeit	⇔	Ruhe
Wachsein	⇔	Schlaf
Anspannung	⇔	Entspannung
Hunger	⇔	Sättigung

All diese gesetzmäßigen, rhythmischen Prozesse, die unser (Über-)Leben auf der Grundlage von Informations- und Stoffwechselaustausch sichern, sind die Grundlage der Regulation.

Jeder lebende Organismus ist ein offenes System, welches sich mit seiner mannigfaltigen Umwelt, wozu auch alle anderen Lebewesen gehören, zum Zwecke der Anpassung zu einem geschlossenen, funktionierenden, dynamischen und flexiblen System zusammenfügt.

Dieses Grundprinzip des Lebens wird als Regulation bezeichnet.

Die Regulation gewährleistet das Gleichgewicht (Homöostase) des inneren funktionellen Milieus eines Lebewesens und koordiniert alle seine Funktionen. Somit wird das innere Regulationsgleichgewicht und das Gleichgewicht mit der Umwelt aufrecht erhalten. Diesen Prozess nennt man Adaption (Anpassung). Häufig wird deshalb Gesundheit als das dynamische Fließgleichgewicht zwischen einem Individuum und der Umwelt einschließlich des sozialen Milieus definiert.

Alle Regulationsvorgänge der physischen und psychischen Funktionen des Menschen verlaufen in Schwingungen bzw. in Perioden. Die Dynamik eines geregelten Systems, ganz gleich, ob es ein psychobiologisches, ein technisches oder ein meteorologisches ist, wird durch rhythmische Vorgänge und seinen Synchronisationsmechanismus gewährleistet. Die Synchronisation von Perioden der psychobiologischen Funktionen eines Menschen und denen der Umwelt bewirkt Wohlbefinden, innere Harmonie und Gesundheit. Die periodischen Abläufe der psycho-physiologischen Funktionen sind messbar und durch entsprechende mathematische Verfahren verifizierbar.

## 4.7.1 Zirkadiane Rhythmen

Einer der bedeutungsvollsten Rhythmen für den Menschen ist der zirkadiane Rhythmus. Der zirkadiane Rhythmus hat endogenen Charakter. Bei Ausschalten aller Umweltfaktoren [Wever 1979, 1994a, 1994b] erlebt der Mensch subjektiv einen 24-Stundentag; dieser dauert aber zirka 25 Stunden. Unter üblichen Lebensbedingungen wird das zirkadiane System,

welches der Evolution entspringt und uns flexibel in der Anpassung reagieren lässt, von periodisch auftretenden Umweltfaktoren, sogenannten Zeitgebern, auf 24 Stundenphasen synchronisiert. Zeitgeber für den Menschen ist in erster Linie der Licht-Dunkel Wechsel, wobei das natürliche Licht die dominierende Rolle spielt, welches selbst im Herbst bei Wolken ca. 1.500 Lux beträgt, während ein hell beleuchtetes Zimmer im Höchstfall 250 Lux anzeigt. 2.500 Lux sollen am günstigsten sein [Zulley 2001]. Weitere Taktgeber für den Menschen sind: Zyklische Aktivitäten und Nahrungsaufnahmezeiten, regelmäßige soziale Kontakte in der Familie, das Bewusstsein der Uhrzeit.

Zeitgeber müssen folgende Eigenschaften haben:

1. Sie müssen Reize bzw. Ereignisse sein, die eine generalisierte, unspezifische Aktivierung des vegetativen Systems auslösen [Moog und Hildebrandt 1994].
2. Sie müssen sich in bestimmten Zeitbereichen der zirkadianen Rhythmik mehrfach wiederholen. Infolgedessen entsteht ein „Mitzieheffekt“. Zeitgeber bewirken immer eine „Vorausseilung“ jedoch keine Phasenreaktion oder Phasenverzögerung [Pittendrigh 1981].

Wird das gesamte Zeitgebersystem verschoben (wie z. B. bei West-Ost Flugreisen), adaptiert sich schließlich jeder – mit interindividuell unterschiedlichen Schwierigkeiten – an die neue Zeitordnung. Während einer Übergangszeit kommt es zu Befindlichkeitsstörungen, die als „jet lag“ bezeichnet werden und unter anderem mit Leistungs- und Schlafstörungen einhergehen. Die Störungen verschwinden, wenn sich das zirkadiane System an die neue Zeitgeberordnung angepasst hat. Zur lokalen „Tageszeit“ ist man dann wieder psychologisch und physiologisch leistungsbereit und zur Nacht schlafbereit [Wegmann und Klein 1985].

Im Gegensatz zu Zeitzonensprüngen, bei denen alle wesentlichen Zeitgeber um den gleichen Zeitbetrag verschoben werden (kohärente Zeitgeberbedingungen), liegen bei Nacht- und Schichtarbeit inkohärente Zeitgeberbedingungen vor. Ein Teil der Zeitgeber ändert seine zeitliche Lage (z. B. die mit der Arbeitszeit verbundenen), andere behalten sie bei, weitere treten mehrfach, andere überhaupt nicht mehr auf (z. B. natürliches Licht, zeitlich sozial und zivilisatorisch gebundene Aktivitäten usw.). Unter diesen Bedingungen ist eine zirkadiane Phasenadaptation an Nachtschichtarbeit nicht jedem möglich. Eine zirkadiane Adaptation an ungewöhnliche Arbeitszeiten wird umso leichter erreicht und beibehalten, je später die habituelle zirkadiane Phasenlage einer Person (Abendtypen) unter normalen Zeitgeberbedingungen liegt [Hildebrandt 1980].

Die heutige Lebensweise des Menschen, vor allem bedingt durch den Druck jederzeit erreichbar zu müssen [Moore-Ede 1993], führt bei nicht wenigen zur ständigen Störung der normalen Zeitgeberphasensynchronisation und schafft ein chaotisches Regulationssystem, welches teilweise noch stärker auf den Menschen stresswirksam ist als die Schichtarbeit. Schon beim Jet Lag-Syndrom treten zeitweilige Befindensstörungen auf, wie z. B.:

- Schlafstörungen
- Befindlichkeitsstörungen
- Müdigkeit am Tage

- Leistungseinbußen
- Kopfschmerzen
- Appetitlosigkeit oder Heißhunger
- Muskelschmerzen u.a.

Wenn die Anpassung an die Ortszeit erfolgt ist, dann verschwinden diese Symptome gewöhnlich wieder.

Moore Ede postulierte das „Schichtfehlانpassungssyndrom“ [Moore-Ede 1993], welches nicht ausschließlich für Schichtarbeiter Gültigkeit hat, sondern auch für viele andere Menschen zutrifft, bei denen der harmonische Tagesablauf der Kardinalzustände gestört wird.

Die Zerstörung der funktionellen Zeitstruktur, z. B. durch Störung des Schlafs (Fragmentierung des Schlafs, Verkürzung oder Zerstörung der REM-Zyklen) sowie die Störung des Lebens- und Arbeitsrhythmus durch äußere Faktoren, gelten als äußerst starke Stressoren mit hoher Gesundheitsrelevanz [Moore-Ede 1993, Aljakrinskij 1972, 1980, Hecht 1993b, Hildebrandt et al. 1993, Stepanova 1986].

Mittel- und langfristige Schichtarbeit führt bei 90 % der Betroffenen zu Schlafstörungen, Herz-Kreislauf-, sowie Magen- und Darmerkrankungen. Studien zeigten, dass Schichtarbeiterinnen fünfmal häufiger Frühgeburten erleiden als Nichtschichtarbeiterinnen. Bei Stewardessen war über 70 % höheres Brustkrebsrisiko zu verzeichnen [Zulley 2001].

## 4.7.2 Ultradiane Rhythmen

Nach der Entdeckung des REM-Schlafs durch Aserinski und Kleitman [Aserinski und Kleitman 1953] wurde die Frage gestellt, ob sich der Zirka-2-Stunden-Rhythmus des REM-Schlaf-Zyklus auch am Tage nachweisen lässt. Das ist in der Tat gelungen. Kleitman [Kleitman 1963, 1970] beschrieb den Basis-Ruhe-Aktivitätszyklus (Basic-Rest-Activity-Cycle = BRAC), der in der Folgezeit von zahlreichen Wissenschaftlern weiter erforscht wurde [Schulz und Lavie 1985, Rossi 1986a, 1986c, 1987, Loyd und Rossi 1992].

Er ist durch eine Zirka-2-Stunden-Periodik gekennzeichnet und reflektiert sich in einer Aktivierungsphase von 80 bis 100 Minuten und einer Deaktivierungs-(Regenerations-)Phase von 10 bis 30 Minuten. In der Aktivierungsphase besteht gute Stimmung, Kraft- und Stärkegefühl, Kreativität, Entscheidungsfreudigkeit, Selbstbewusstsein, das Gefühl energiegeladen zu sein. Man fühlt sich straff gespannt, mutig, risikofreudig, „also immer gut drauf“. Plötzlich verspürt man ein Nachlassen der Kräfte. Zu gleicher Zeit geht nämlich die Aktivierungsphase zu Ende, und nun beginnt die zweite Phase mit Funktionszuständen, die man Alltagstrance nennt.

**Alltagstrance** ist ein scheinbar spontan auftretender Bewusstseinszustand, der zwischen Wachsein und Schlaf liegt (1850 vom französischen Neurologen Jean-Martin Charcot erstmals erwähnt).

Der Sinn und Zweck von Alltagstrance ist eine natürliche physiologische Erholung und Regeneration der verbrauchten Energie. Nach heutiger Auffassung dient diese Deaktivierungsphase des BRAC dem Austausch zwischen geistig-seelischen und körperlichen Prozessen, der über Transmitter erfolgen soll [Rossi 1993, 1990a, 1990b, 1990c, 1990d, Belenky et al. 1991, Klein et al. 1979].

## 4.8 Jahresrhythmus

Viele unserer Körperfunktionen unterliegen einem Jahresrhythmus mit Spitzen zu den sogenannten Jahreswendezeiten des vegetativen Systems im Februar und August. Auch die vegetative Funktionslage unterliegt einem Jahresverlauf mit einem Wechsel von trophotroper und ergotroper Phase.

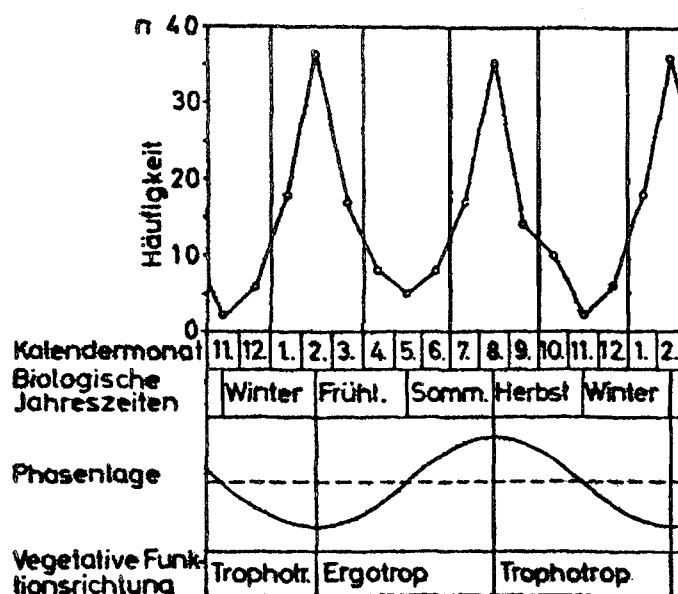


Abb. 4.14 Häufigkeit der jahresrhythmischen Maxima und Minima verschiedener Funktionen zusammengefasst unter vegetativer Funktionsrichtung (Hildebrandt 1962a, 1962b)

Ebenso treten Schmerzen jahreszeitlich unterschiedlich auf, wie Untersuchungen von Erdmann an 1.000 Personen in Ratingen zeigten. Schmerzen dominieren demnach im Herbst und Winter [Erdmann 2001].



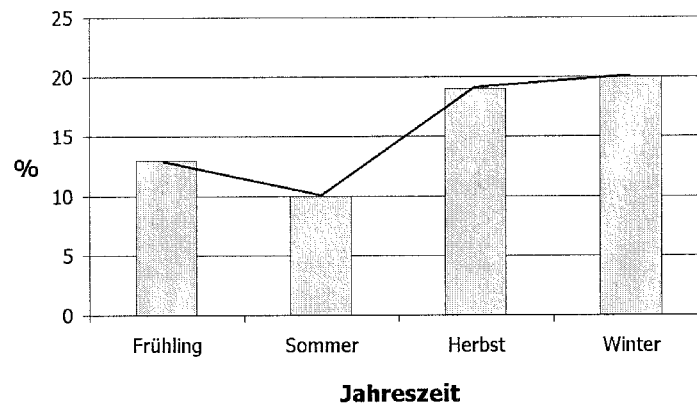


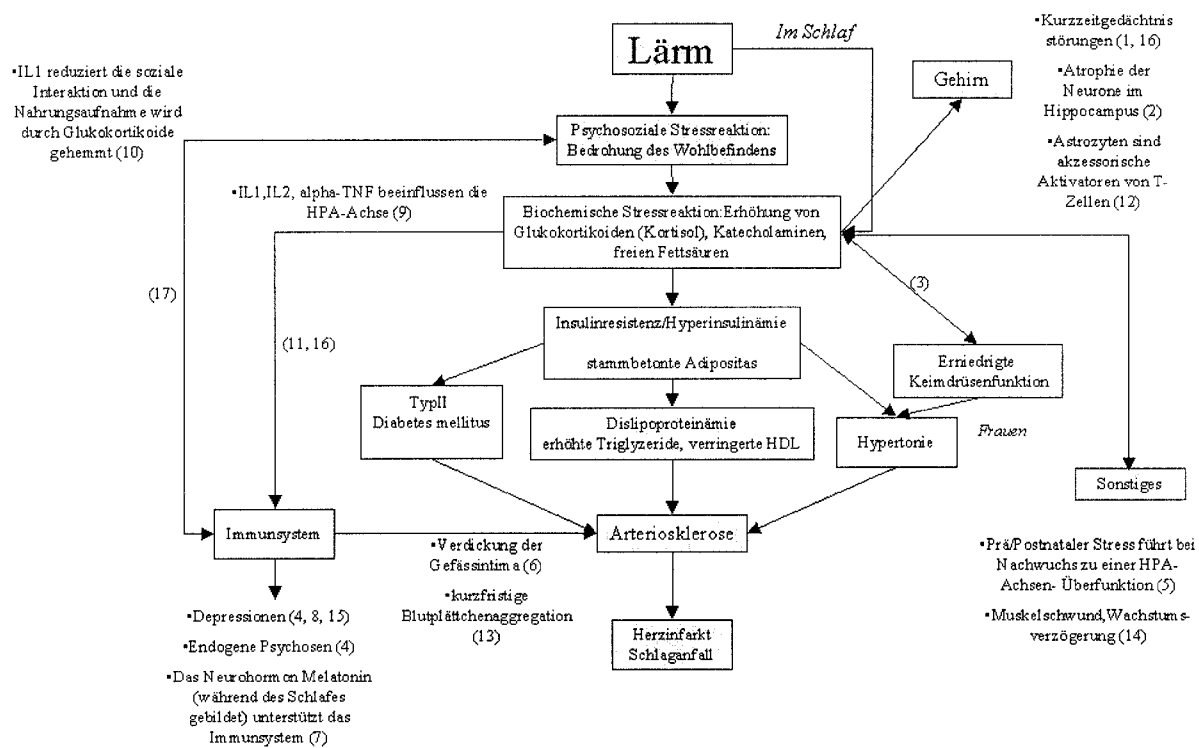
Abb. 4.15 Verstärktes Auftreten der chronischen Schmerzen zu den einzelnen Jahreszeiten (Erdmann 2001)

## 4.9 Vegetativ-hormonell-immunologische Reizantwort und Gesundheit

Die lärmbedingten Aktivierungsreaktionen, die über emotionelle Reaktionen Funktionen im vegetativen System auslösen, sind zunächst, im Sinne von emotionellem Eustress, als normale adaptive Regulationsvorgänge und nicht als krankhafte Veränderungen des menschlichen Organismus aufzufassen, auch dann nicht, wenn die Belästigung kurzzeitig unerträglich erscheint. Erst wenn lärminduzierte Veränderungen durch dauerhafte und / oder ständig wiederholte Schallbelastungen im vegetativen System zu Überbeanspruchungen und schließlich zu Dysregulationen (Regulationsstörungen) führen, sind krankhafte Zustände mit klinischem Befund zu erwarten. Wie die Ergebnisse von Graff et al. [Graff et al. 1968], Andriukin [Andriukin 1962] sowie Meinhard und Renker [Meinhard et al. 1970] zeigen, kann eine derartige Entwicklung mit nachweisbarem klinischen Befund 6-20 Jahre dauern.

Das pathogenetische Konzept, das langfristige Lärmeinwirkungen mit Gesundheitsgefahren verbindet, lehnt sich an bekannte Stresskonzepte an. Zentrales Bindeglied sind die Aktivierungshormone der Nebenniere, die auch als Stresshormone bezeichnet werden (vgl. [Breznitz et al. 1998, Croiset et al. 1987, Melamed et al. 1996, Melamed et al. 1997]). Lärm ist aber nicht einfach ein physikalischer Reiz, sondern auch ein individuelles Erlebnis. Eine unzureichende Bewältigung moderater Lärmexpositionen kann ebenfalls zu einem inadäquaten, riskanten neuro-endokrinen Reaktionsmuster und schließlich zu Regulationskrankheiten führen (vgl. [Frankenhäuser et al. 1976]). Darüber hinaus beinhaltet die Stressreaktion Veränderungen von immunologischen Parametern (vgl. [Benschop et al. 1994a, 1994b, Bonneau et al. 1997, Franci et al. 1996, Linthorst et al. 1997]), die auch über das hormonelle System gesteuert werden. Die Gesundheitsgefährdung von Schall besteht demzufolge einerseits in einer Beeinträchtigung des Gehörs und andererseits in einer unerwünschten chronischen Aktivierung.

Fassen wir die beschriebenen Wirkungen von Lärm zusammen, so kann ein vereinfachtes Pathogenesemodell für extraaurale Lärmwirkungen angegeben werden, das in der folgenden Abbildung dargestellt ist:



1. Kirschbaum 1996 (Review McEwen 1998), 2. Lupien 1997 (Review McEwen 1998), Sapolsky (Review Uno 1989), 3. Review McEwen 1998, 4. Anisman et al. 1993, Zucharko (Review Anisman), Zubin u. Spring 1977, 5. Morici 1997, 6. Castellanos et al. 1991, 7. Bakker 1998, 8. Connor et al. 1998, 9. Müller 1997, 10. Nguyen et al. 1998, 11. Leo 1998, 12. Fontana, 13. Gordon et al. 1973, 14. Maestroni et al. 1990, 15. Fahlbusch 1995, 16. Born et al. 2000, 17. Henry 1992, 18. Maschke 1998a

Abb. 4.16 In der Literatur beschriebene pathophysiologische Auswirkungen und Erkrankungen durch Lärmstress

Darüber hinaus können lärminduzierte Schreckreaktionen psychische Krankheiten auslösen. Es ist bekannt, dass Schreckreaktionen, wie sie z. B. bei Mädchen während Tieffliegens von Militärflugzeugen beobachtet worden sind [Ising et al. 1991], schneller zu krankhaften Zuständen führen können, weil hierbei der Faktor Angst [Schmeck 1992 und Schmeck et al. 1992] über Konditionierungsmechanismen pathogen verstärkend wirkt.

Bei dem dargestellten Pathogenesemechanismus ist zu beachten, dass chronischer Stress vielfach auch die Lebensqualität negativ verändert und auf diesem Wege die Stressreaktion verstärken kann. Es gibt zahlreiche Hinweise, dass unter Lärm Verhaltensweisen geändert werden, um das Befinden oder das Leistungsniveau kurzfristig zu verbessern (z. B. verkürzter Aufenthalt im Freien, erhöhter Arzneimittelkonsum, veränderte Schlafgewohnheiten). Langfristig haben diese Änderungen zumeist ein erhöhtes koronares Erkrankungsrisiko zur Folge.

Besonders hinzuweisen ist auf die Einschränkung der körperlichen Bewegung durch den überwiegenden Aufenthalt in Innenräumen. Der Zusammenhang zwischen körperlichem Bewegungsmangel (in der Freizeit und im Beruf) und dem Risiko koronarer Herzkrankheiten ist in neueren Studien untersucht worden (z. B. [Berlin et al. 1990]). Die Ergebnisse zeigen, dass das relative Risiko für koronare Herzkrankheiten bei Bewegungsmangel im Bereich von 1,5 bis 3 liegt, verglichen mit aktiven Personen. Die vorliegenden Ergebnisse werden auch durch die Daten der Deutschen Herz-Kreislauf-Präventionsstudie gestützt [Mensink et al. 1996]. So führte eine Erhöhung der wöchentlichen Sportaktivität zu einer Verminderung des Herz-Kreislauf-Risikos (adjustiert für Alter, Blutdruck, Cholesterin, BMI und Rauchen). Körperliche Bewegung kann das Lipoproteinprofil und die Glukoseverwertung verbessern und einer Hypertonie oder Übergewicht entgegenwirken. Zusätzlich wird die Empfindlichkeit des Herzens für Katecholamineffekte reduziert.

Die beschriebenen Verhaltensänderungen unter chronischem Lärmstress und ihre Auswirkungen sind in der folgenden Übersicht vereinfacht zusammengefasst.

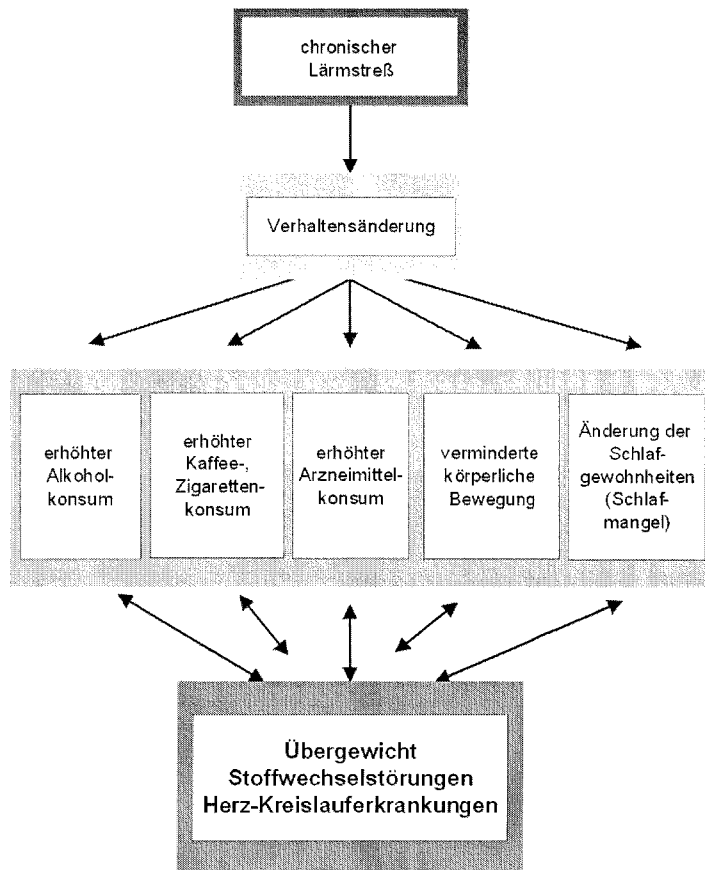


Abb. 4.17 Chronischer Stress und Lebensweise (modifiziert nach [Hauner 1994])

## 5 HYPOTHESEN

Über zentralnervöse Prozesse beeinflusst chronisch einwirkender Lärm entweder direkt oder indirekt über das subjektive Erleben (Störung, Belästigung) das neuroendokrine System. Als Folge werden vegetative Reaktionen im Bereich des peripheren Kreislaufsystems, wie z. B. Abnahmen des galvanischen Hautwiderstand oder Änderungen der Herzschlagfrequenz beobachtet [Neus et al. 1980, Rebentisch et al. 1994] sowie erhöhte Konzentrationen der Aktivierungshormone Adrenalin, Noradrenalin und Cortisol in Körperflüssigkeiten gemessen. Letztere beeinflussen das Immunsystem, Stoffwechselvorgänge und die Regelung lebenswichtiger Körperfunktionen. Zu nennen sind z. B. der Blutdruck, die Herztätigkeit, die Blutfette (Cholesterin, Triglyzeride, Freie Fettsäuren), der Blutzuckerspiegel und hämostatische Faktoren (z. B. Fibrinogen), die die Fließeigenschaften des Blutes beeinflussen (Plasma-Viskosität) [Friedmann et al. 1974]. Da es sich dabei um klassische (endogene) Risikofaktoren für Herz-Kreislauf-Krankheiten handelt, muss Lärm als ein (exogener) Risikofaktor für die Entwicklung von Bluthochdruck und ischämischen Herzkrankheiten einschließlich Arteriosklerose und Herzinfarkt angesehen werden [Babisch 2000].

Für die umweltepidemiologische Forschung ergeben sich somit drei Wirkungsebenen, auf denen Zusammenhänge zwischen Lärm und gesundheitlichen Effekten untersucht werden können. Es sind dies Stressindikatoren (z. B. Stresshormone), Risikofaktoren (z. B. Blutfette, Blutdruck, hämostatische Faktoren) und schließlich die Entwicklung von Krankheiten (z. B. Herzinfarkt) [Babisch 2000]:

Effekte der Stressindikatoren besitzen keine unmittelbare klinische Relevanz. Stressindikatoren, sind jedoch für die Untersuchung von Wirkungsmechanismen geeignet, da sie kurzfristig ansprechende Reaktionsparameter sind, die am Beginn einer Wirkungskette stehen.

Erhöhungen von Risikofaktoren muss eine unmittelbare gesundheitliche Bedeutung beigemessen werden. Auch bereits geringe, nicht pathologische Veränderungen können dabei für die Beurteilung von Wirkungszusammenhängen von Bedeutung sein.

Die Krankheit als pathologischer Wirkungsendpunkt ist von unmittelbarer gesundheitlicher Relevanz und erlaubt eine Risikoquantifizierung direkt auf der Grundlage der gewonnenen Daten.

In der vorliegenden Untersuchung wird der Zusammenhang von Stressindikatoren, Risikofaktoren und stressvermittelten Erkrankungen mit der objektiven Schallbelastung durch Straßenverkehrslärm (Schallpegel getrennt für Tage und Nacht), Fluglärmmzonen und der subjektiven Lärmbelastung (Belästigung getrennt für Tage und Nacht) untersucht.

Die folgenden spezifischen Arbeitshypothesen wurden getestet:

- Die Prävalenz von ärztlichen Behandlungen aufgrund von erhöhten Werten bei Risikofaktoren und stress-bezogenen Krankheiten verändert sich in Abhängigkeit von der objektiven Schallbelastung.
- Bei stärkerer Schallbelastung ist das Ausmaß der Veränderung größer (Dosis-Wirkungs-Beziehung).
- Die Prävalenz von ärztlichen Behandlungen aufgrund von erhöhten Werten bei Risikofaktoren und stress-bezogenen Krankheiten verändert sich in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm.
- Bei stärkerer subjektiv empfundener Störung ist das Ausmaß der Veränderung größer (Dosis-Wirkungs-Beziehung).
- Die genannten Zusammenhänge werden durch Faktoren beeinflusst, die unabhängig von der Schallast bzw. der Lärmwahrnehmung sind, was in den statistischen Analysen zu berücksichtigen ist.

## 6 DIE SPANDAUER FOLLOW-UP STUDIE

Unter der Bezeichnung "Spandauer Gesundheits-Survey" (SGS) ist im Februar 1982 eine Untersuchungsreihe angelaufen, die heute vom Robert Koch-Institut (vormals Bundesgesundheitsamt) in enger Zusammenarbeit mit dem Bezirksamt Spandau, Abt. Gesundheitswesen –Gesundheitsamt– durchgeführt wird. Ihm liegt ein Studienkonzept zugrunde, das als Längsschnittstudie („follow-up“) bezeichnet wird. Bei dieser Studie wird der Gesundheitszustand der teilnehmenden Probanden individuell über einen langen Zeitraum periodisch untersucht und die dabei erhobenen Daten und Befunde unter Berücksichtigung der zeitlichen Folge miteinander verglichen. Anders als bei vielen anderen epidemiologischen Studien denen ein expliziter Ziehungsschlüssel der Probanden zugrunde liegt, rekrutiert sich die Spandauer Kohorte aus Personen, die sich aufgrund von Aufrufen angesprochen fühlten an der Untersuchung teil zu nehmen (vgl. Kapitel 6.6).

Der Spandauer Gesundheits-Survey wurde konzipiert, um die folgenden Ziele zu erreichen:

- Den an ihrer Gesundheit interessierten Einwohnern des Bezirks Spandau die Möglichkeit zu geben, ihren Gesundheitszustand über mehrere Jahre hinweg zu verfolgen, gravierende Veränderungen – möglicherweise schon im Frühstadium – zu erkennen und der ärztlichen Behandlung zuzuführen. Beim Vorliegen von ungünstigen Werten bei klassischen Risikofaktoren (Übergewicht, Bluthochdruck, Störungen des Fettstoffwechsels usw.) sollen den Probanden gezielt Hinweise auf die vom Bezirksamt angebotenen Präventionsmaßnahmen und Kurse gegeben werden. Durch mehrfache Untersuchung soll der Erfolg der gegebenen Beratung geprüft werden.
- Durch die statistische Auswertung der bei wiederholten Untersuchungen erhobenen Befunde, die Entstehung und den Verlauf von Erkrankungen an einer großen Bevölkerungsgruppe zu untersuchen.
- Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Befunden zu analysieren und Grundlagen für verfeinerte diagnostische Aussagen bzw. zur Beurteilungen von präventiven und therapeutischen Effekten zu liefern. Darüber hinaus sollen Risikogruppen identifiziert werden.

Um die genannten Ziele zu erreichen, wurden regelmäßige Wiederholungsuntersuchungen durchgeführt. Die 3232 Spandauer (und 660 Nicht-Spandauer als Vergleichsgruppe), die sich 1982/83 an der Erstuntersuchung beteiligten, wurden in zeitlichen Abständen von zwei Jahren zu Wiederholungsuntersuchungen eingeladen. Das Mindestalter der Probanden betrug 16 Jahre, nach oben war keine Altersgrenze festgelegt. Die Studie befand sich 2001 im 10. Wiederholungsdurchgang.

Die in der Studie gewonnenen Daten wurden mittels Befragungen, Messungen und ärztlichen Gesprächen erhoben.

**Befragung:**

- sozio-ökonomische Daten (Alter, Bildung, Beruf, Familienstand usw.)
- Ernährung (u.a. Fetthaushalt, Flüssigkeitshaushalt)
- Tabak- und Alkoholkonsum
- Gesundheitszustand
- aktive Gesundheitsprävention
- Schlaferleben

**Messung:**

- Blutdruck
- Urinuntersuchung
- Größe und Gewicht
- Atemfunktionsprüfung
- Blutuntersuchung

**Auf ärztliche Anforderung auch:**

- Thorax-Röntgenuntersuchung
- Ruhe EKG

Alle Teilnehmer an den Untersuchungen erhielten über den „Gesundheitscheck“ eine zusammenfassende Beurteilung. Die medizinischen Untersuchungsdaten wurden den Probanden für den Hausarzt oder einen anderen Arzt ihrer Wahl zur Verfügung gestellt.

**Die Beurteilungen enthielten je nach Befund die folgenden Hinweise:**

1. Bei Ihnen haben sich keine Anhaltspunkte ergeben, die weitere ärztliche Untersuchungen erforderlich machen.
2. Außer den Ihnen bereits bekannten Beeinträchtigungen Ihres Gesundheitszustandes haben sich keine neuen Befunde ergeben.
3. Obwohl Ihr Gesundheitszustand gegenwärtig nicht beeinträchtigt ist, sollten Sie bei Ihrem nächsten Arztbesuch die Befunde vorlegen.
4. Sie sollten zur weiteren Abklärung der Untersuchungsergebnisse bald Ihren Hausarzt oder einen anderen Arzt aufsuchen.

**Befunde wurden wie folgt erhoben:**



- Hypertonie durch Beurteilung der Blutdruckmessungen
- Eingeschränkte Atemfunktion durch Spirometermessungen
- Urinbefunde durch Teststreifenauswertung
- Erhöhte Triglyceride durch Messung des Gesamtglycerins
- Hypercholesterinämie durch Messung des Gesamtcholesterins
- Hyperglykämie durch Messung von Blut- und Uringlukose
- Blutbildveränderungen durch Auswertung des kleinen Blutbildes
- Veränderte Leberwerte durch Messung von Bilirubin und Enzymen
- Serumeiweißveränderungen durch Elektrophorese
- Nierenfunktionsveränderungen durch Kreatinin- und Harnstoffbestimmungen.
- Urikämie durch Messung der Harnsäurekonzentration

Im 9. Durchgang des Spandauer Gesundheits-Survey, wurde zusätzlich zu diesem Standardinventar eine Befragung zur Lärmbelastung durchgeführt (vgl. Kapitel 7).

## 6.1 Neuntes „Follow-up“

Der Spandauer Gesundheits-Survey ist eine offene Kohorte, d. h. zusätzlich zu den wiederholt teilnehmenden Probanden wurden bei jedem Durchgang auch neue Probanden aufgenommen. Der 9. Durchgang (1998/99) umfasste insgesamt 2015 Probanden. 1704 Probanden nahmen mindestens zum 5. mal an der Datenerhebung teil, das entspricht einem Anteil von 84,6 %. Die relative Häufigkeit der Wiederholungen ist in der Abb. 6.1 dargestellt.

### Spandauer Gesundheits-Survey

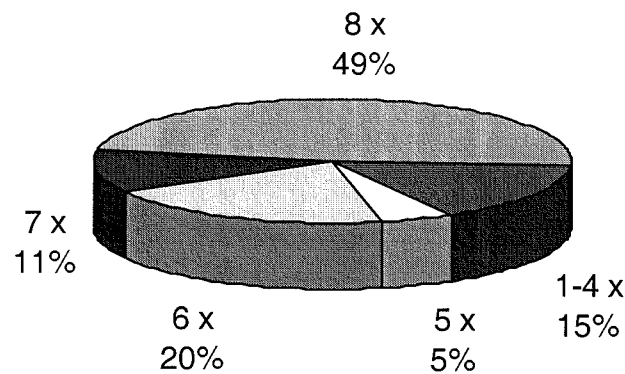


Abb. 6.1 Relative Häufigkeit der Wiederholer im Spandauer Gesundheits-Survey (9. Durchgang).

Von den 2015 Probanden die am 9. Durchgang des SGS teilnahmen, lagen zur Auswertung 1902 Datensätze vor. Über den zusätzlichen Lärmfragebogen wurde die subjektive Lärmbelastung erfragt (vgl. Kapitel 7.4). Diesen Lärmfragebogen füllten im 9. Durchgang des SGS 1801 Probanden aus. Aufgrund von 4 fehlenden Identifikationsnummern verblieben 1797 gültige Datensätze. Neben der subjektiven Lärmbelastung wurde auch die objektive Schallbelastung mit Hilfe einer Lärmdatenbank ermittelt, die von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung erstellt wurde [www.Berlin.de]. Für 79 Probanden, deren heutiger Wohnort außerhalb von Berlin liegt, konnte keine Schallbelastung bezogen auf die Wohnadresse ermittelt werden. Für eine Zusammenhangsanalyse von Gesundheitsparametern und Lärmbelastung stand demzufolge eine Arbeitsstichprobe von 1718 Probanden zur Verfügung.

### 9. Durchgang Spandauer Gesundheits-Survey

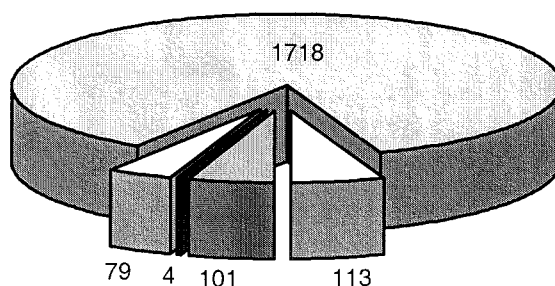
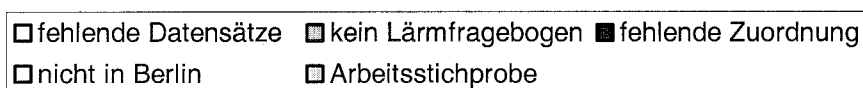


Abb. 6.2 9. Durchgang des SGS und Arbeitsstichprobe

Aufgrund von fehlenden Angaben variieren die verfügbaren Stichprobenumfänge in den statistischen Analysen in Abhängigkeit von den eingesetzten Variablen.

## 6.2 Alter und Geschlecht

Die Schallreizverarbeitung kann geschlechts- und altersabhängig sein (vgl. auch Kapitel 4). Demzufolge muss das Alter der Probanden sowie deren Geschlecht bei der Untersuchung der Wirkungen von Lärm berücksichtigt werden. Die Geschlechts- und Altersverteilung der Probanden, die den Lärmfragebogen ausfüllten, geben Abb. 6.3 und Abb. 6.4. wieder.

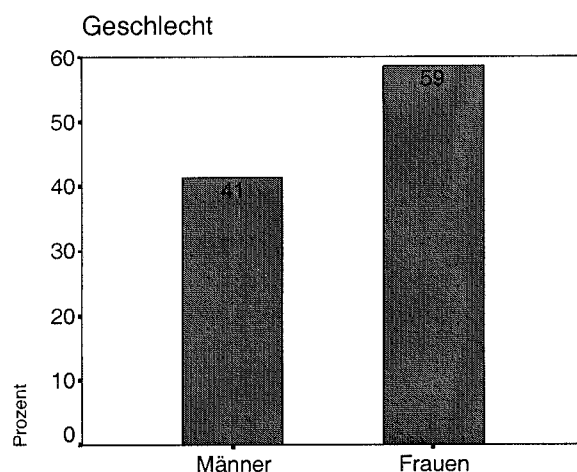


Abb. 6.3 Geschlechtsverteilung der Probanden

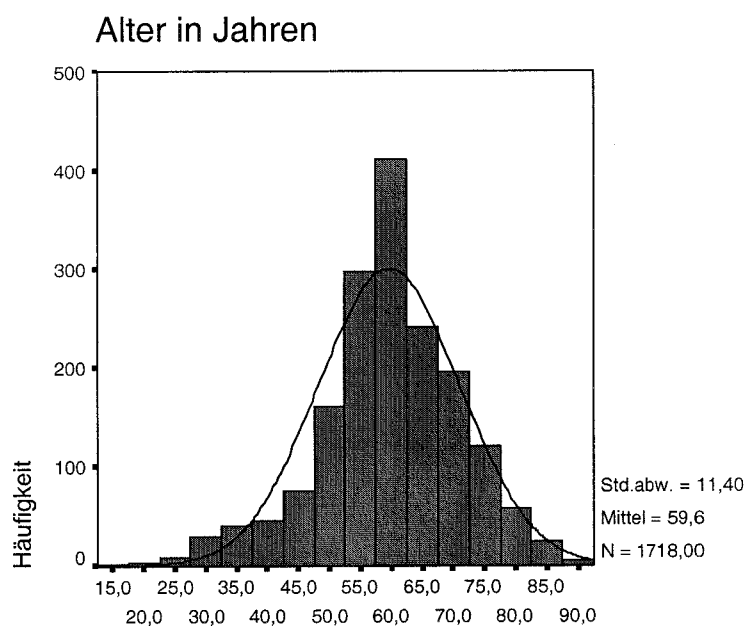


Abb. 6.4 Altersverteilung der Probanden

In der Arbeitsstichprobe überwiegen Frauen mit einem Anteil von nahezu 60 %. Das Alter der Probanden kann als annähernd normalverteilt angesehen werden. Im Mittel waren die

Probanden 60 Jahre alt. Der jüngste Teilnehmer gab ein Alter von 18 Jahren an, der älteste Teilnehmer ein Alter von 90 Jahren.

Das Geschlecht ging als dichotome Variable („Frauen“/„Männer“) in die statistischen Analysen ein. Die Variable Alter wurde als kontinuierliche Variable in die Analysen aufgenommen.

## 6.3 Ausbildung

Die Ausbildung der Probanden ist ein Bestandteil des sozialen Status. Sie ist in den Abb. 6.5 und Abb. 6.6 grafisch dargestellt.

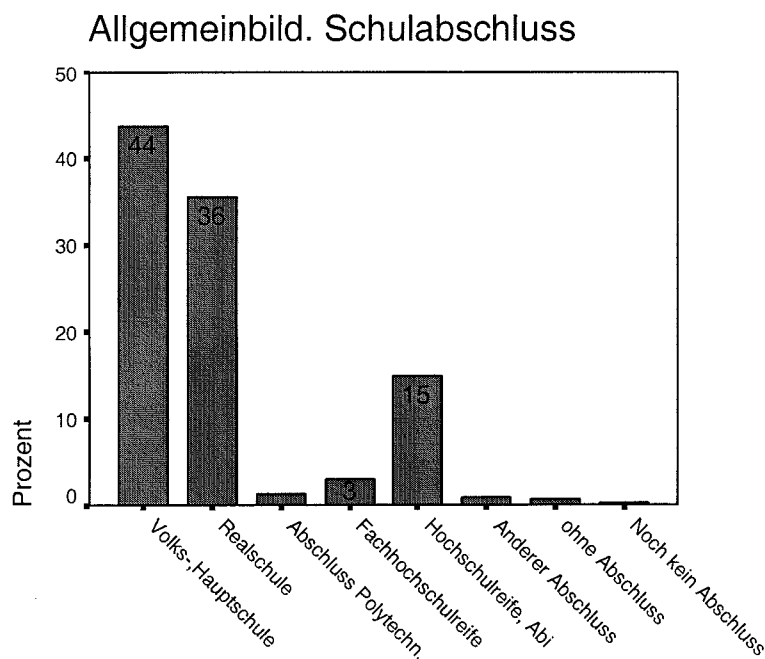


Abb. 6.5 Allgemeinbildender Schulabschluss der Probanden

Die Mehrheit der Probanden hatte einen Hauptschul- oder Realschulabschluss (44 % bzw. 36 %). An 3. Stelle lag der Abschluss Hochschulreife (15 % der Probanden). Andere Abschlüsse waren vergleichsweise selten. Von 2 Probanden fehlten die Angaben.

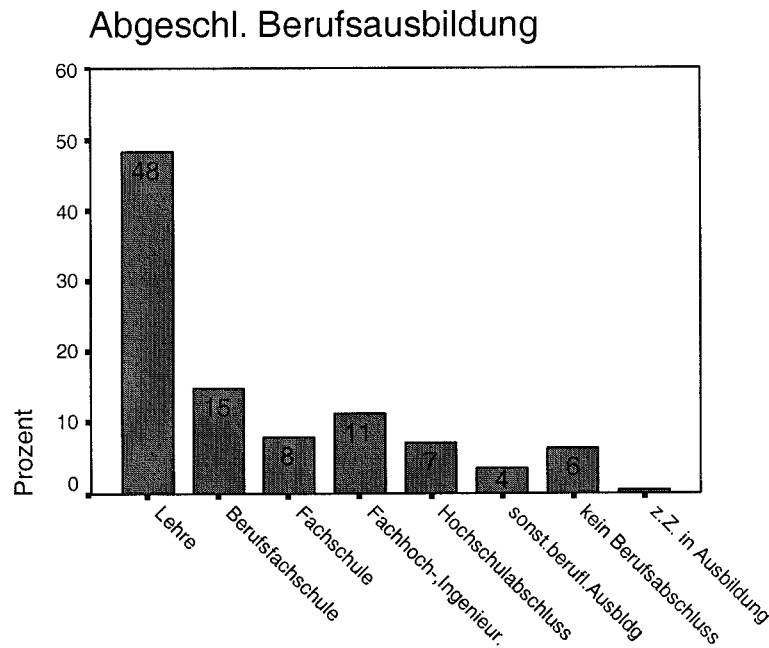


Abb. 6.6 Berufsausbildung der Probanden

Mehr als 60 % der Probanden hatte eine Lehre (48 %) oder eine Berufsfachschule-Ausbildung (15 %) abgeschlossen. Den Abschluss einer Fachhochschulausbildung gaben 11 % der Probanden an. Von 3 Probanden fehlten die Angaben.

Die Schul- und Berufsausbildung wurden mittels einer neu gebildeten Variablen („Sozio-ökonomischer Status“) in den statistischen Analysen berücksichtigt (vgl. Kapitel 6.9).

## 6.4 Familienstand

Der Familienstand ist ein sozio-demografischer Indikator, der u. U. auch mit psychosozialen Belastungen der Probanden einhergeht. Die Verteilung des Familienstandes der Probanden in der Arbeitsstichprobe zeigt Abb. 6.7.

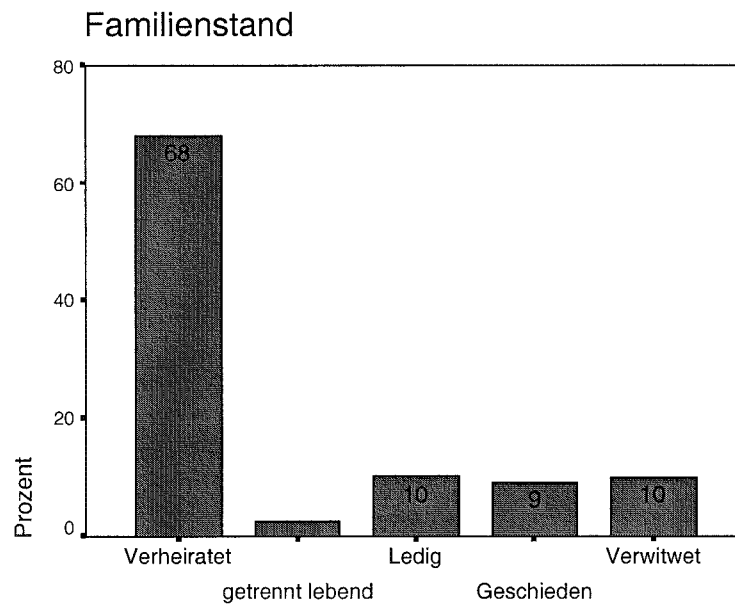


Abb. 6.7 Familienstand der Probanden, die den Lärmfragebogen ausfüllten

68 % der Probanden waren verheiratet und lebten mit dem Ehepartner zusammen. Etwa 3 % der Probanden waren verheiratet lebten jedoch vom Ehepartner getrennt. Ledig, geschieden oder verwitwet waren etwa 10 % der Probanden. Von 3 Probanden fehlten die Angaben.

Der Familienstand ging als dichotome Variable („ja“/„nein“) in die statistische Analyse ein. Die Antworten „getrennt lebend“, „geschieden“ und „verwitwet“ wurden zur Kategorie „Verlust des Ehepartners“, zusammengefasst.

## 6.5 Tabak- und Alkoholkonsum

Der Alkohol- und Tabakkonsum ist bei der multifaktoriellen Genese von Herz-Kreislauf-Krankheiten von Bedeutung. Die Verteilung des Alkoholkonsums in der Arbeitsstichprobe zeigt Abb. 6.8.

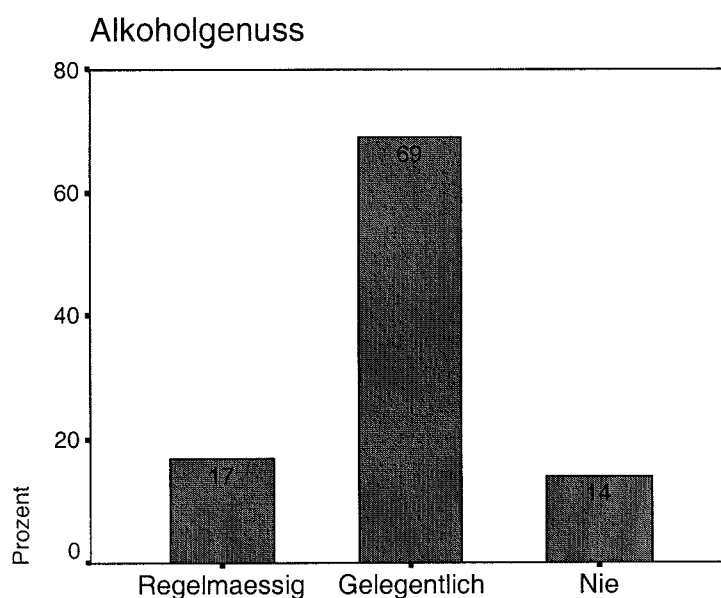


Abb. 6.8 Alkoholkonsum

Mehr als 2/3 der Probanden nahmen „gelegentlich“ alkoholische Getränke zu sich (68 %). „Regelmäßig“ wurden alkoholische Getränke von 17 % der Probanden konsumiert. 14 % der Probanden nahmen „nie“ Alkohol zu sich.

Der Alkoholkonsum wurde als dichotome Variable in die statistische Analyse aufgenommen. Die Antworten „gelegentlich“ und „nie“ wurden zur Kategorie „gelegentlich“, zusammengefasst.

Die Verteilung des Tabakkonsums in der Arbeitsstichprobe zeigt Abb. 6.9.

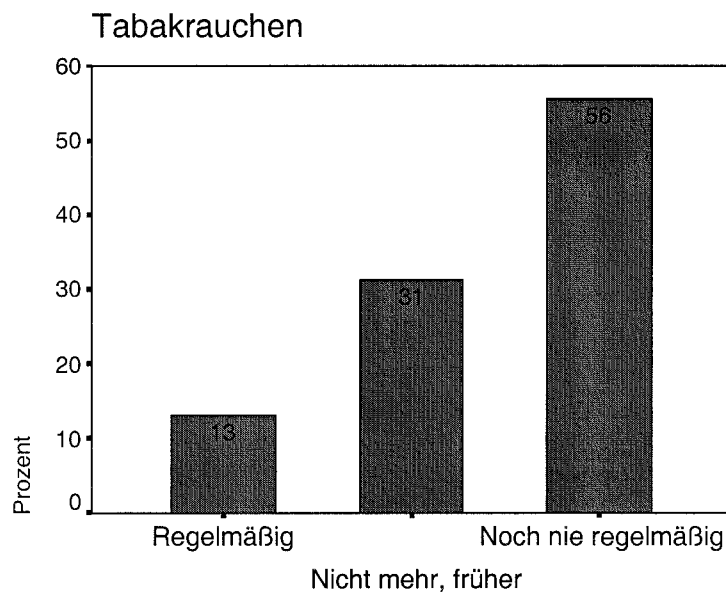


Abb. 6.9 Tabakkonsum

Mehr als die Hälfte der Probanden gab an, „noch nie regelmäßig“ geraucht zu haben (56 %). 31 % der Probanden hatte das Rauchen aufgegeben und 13 % rauchten z. Z. „regelmäßig“.

Der Tabakkonsum wurde als dichotome Variable in die statistische Analyse aufgenommen. Die Antworten „noch nie regelmäßig“ und „nicht mehr, früher“ wurden zur Kategorie „gelegentlich“, zusammengefasst.

## 6.6 Subjektiver Gesundheitszustand

Die Verteilung des subjektiven Gesundheitszustands der Probanden ist in der Abb. 6.10 dargestellt. Die Darstellung ermöglicht, diesbezügliche Besonderheiten der Teilnehmer am Spandauer Gesundheits-Survey gegenüber vergleichbaren Bevölkerungsgruppen zu erkennen.



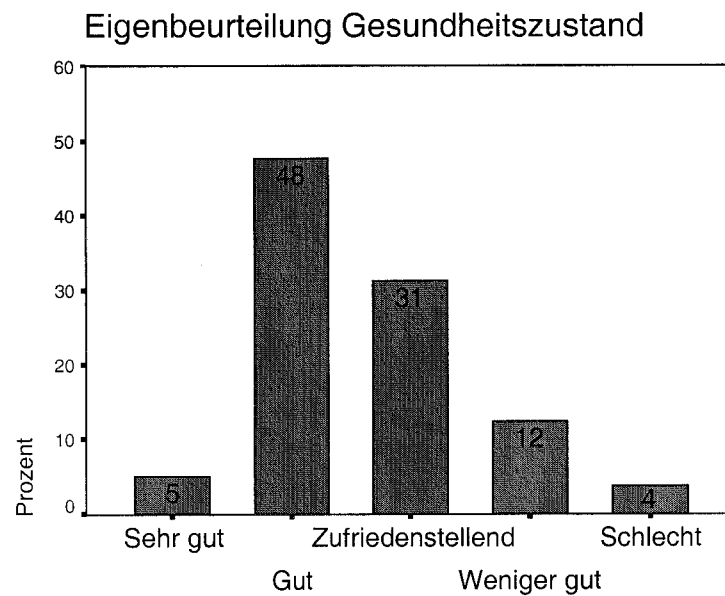


Abb. 6.10 Beurteilung des eigenen Gesundheitszustand

Mehr als 2/3 der Probanden bezeichneten ihren Gesundheitszustand als „gut“ (48 %) oder „zufriedenstellend“ (31 %). Den 16 % der Probanden, die ihren Gesundheitszustand als „weniger gut“ oder „schlecht“ bezeichneten, standen 5 % der Probanden gegenüber, die einen „sehr guten“ Gesundheitszustand angaben. Von 2 Probanden fehlten die Angaben.

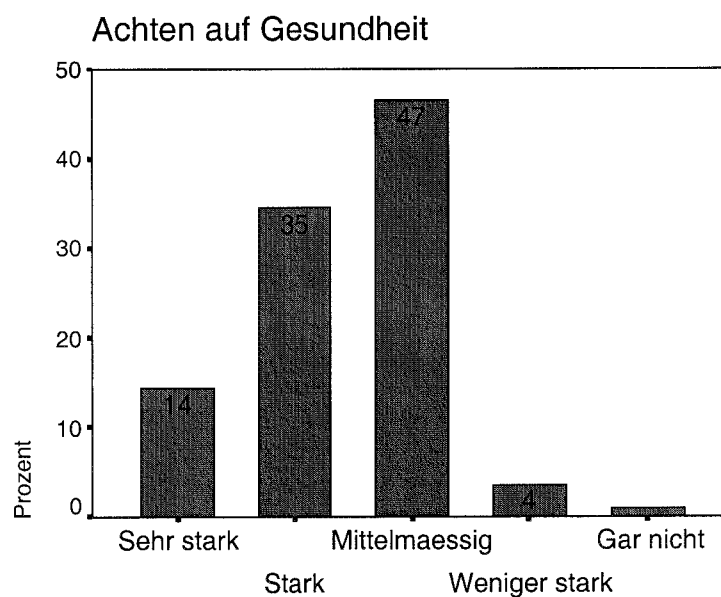


Abb. 6.11 Achten auf den Gesundheitszustand

Die überwiegende Mehrheit der Probanden des SGS achtete „stark“ (35 %) bzw. „mittelmäßig“ (47 %) auf ihre Gesundheit. 14 % gaben an, „sehr stark“ auf ihre Gesundheit

zu achten. Nur etwa 5 % der Probanden achteten „weniger stark“ oder „gar nicht“ auf ihre Gesundheit. Von 2 Probanden fehlten die Angaben.

## 6.7 Körperliche Aktivität

Körperliche Aktivität kann zur Stressbewältigung beitragen und wird als potenzielle Störvariable in den statistischen Analysen berücksichtigt. Sie wurde im SGS über die sportliche Betätigung und die vorwiegende Körperhaltung im Beruf bestimmt. Bewertet wurde die Dauer der regelmäßigen wöchentlichen sportlichen Aktivitäten gewichtet mit der im Fragebogen angegebenen Stärke der Betätigung. Die Verteilung der gewichteten sportlichen Aktivität der Probanden ist in der Abb. 6.12 dargestellt

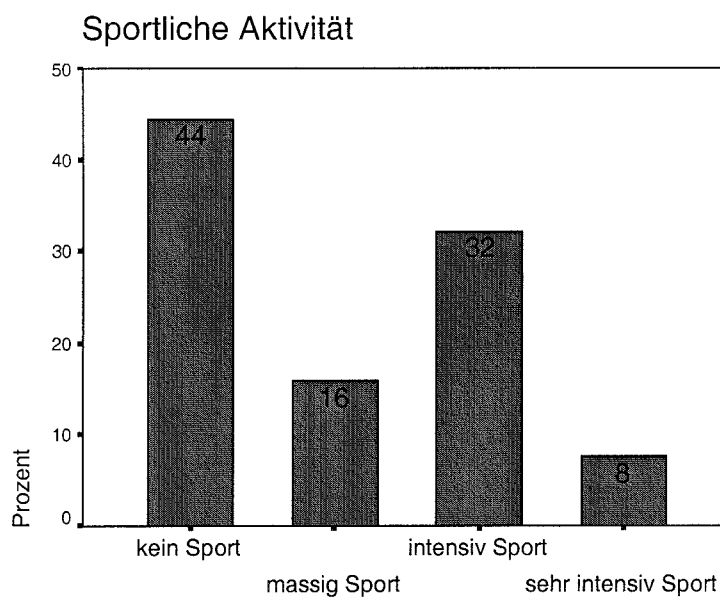


Abb. 6.12 Regelmäßige wöchentliche sportliche Aktivität

Mehr als die Hälfte der Probanden war sportlich „nicht aktiv“ (44 %) oder gab eine „mäßige“ sportliche Betätigung an (16 %). „Intensiv“ Sport trieben 36 % der Probanden und 8 % bezeichneten die wöchentliche sportliche Aktivität als „sehr intensiv“. Die Angaben von 9 Probanden fehlten.

Die sportliche Betätigung wurde als dichotome Variable in die statistische Analyse aufgenommen. Die Antworten „kein Sport“ und „mäßig Sport“ wurden zur Kategorie „geringe sportliche Betätigung“, die Antworten „intensiv Sport“ und „sehr intensiv Sport“ zur Kategorie „intensive sportliche Betätigung“ zusammengefasst.

Die Verteilung der vorwiegenden Körperhaltung im Beruf ist in der Abb. 6.13 dargestellt

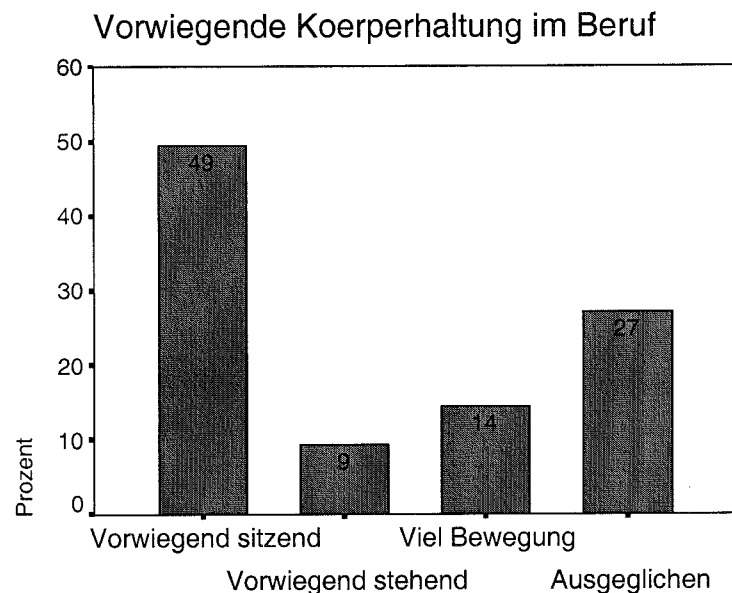


Abb. 6.13 Vorwiegende Körperhaltung im Beruf

Nur 14 % der Probanden gaben an, bei der Arbeit „viel in Bewegung“ zu sein. Weitere 27 % beurteilen das Verhältnis von sitzender oder stehender Tätigkeit zur Tätigkeiten mit Bewegung als „ausgeglichen“. Von 7 Probanden fehlten die Angaben.

Die Körperhaltung im Beruf wurde als dichotome Variable in die statistische Auswertung aufgenommen. Die Antworten „viel Bewegung“ und „ausgeglichen“ wurden zur Kategorie „berufliche Bewegung“, die Antworten „vorwiegend sitzend“ und „vorwiegend stehend“ zur Kategorie „wenig berufliche Bewegung“ zusammengefasst.

## 6.8 Relatives Körpergewicht

Zur Beschreibung des relativen Körpergewichts und zur Unterscheidung zwischen „Normgewicht“ und „Übergewicht“ werden Körpergewicht und Körpergröße aufeinander bezogen. Bis in die 60er Jahre wurde der Broca-Index (Körpergröße in cm – 100 = Normgewicht) mit Korrekturfaktoren herangezogen. Heute wird der Body Mass Index (BMI) eingesetzt, weil er insbesondere bei kleineren Menschen bessere Ergebnisse liefert. Der Body Mass Index errechnet sich, indem das Körpergewicht der Probanden (kg), durch ihre Größe zum Quadrat ( $m^2$ ) geteilt wird. Beim BMI ist kritisch anzumerken, dass auch dieses Maß den Körperbau, die dritte vermittelnde Variable für die Beurteilung von Übergewicht, nicht berücksichtigt. Der mittlere BMI der Arbeitsstichprobe ist in der Tab. 6.1 nach in Altersklassen aufgeschlüsselt und getrennt für Frauen und Männern angegeben.

Als Vergleichswerte sind in der Tabelle die Daten des Nationalen Gesundheits-Survey der DHP eingetragen (RKI 1995). In beiden Messreihen zeigt sich die bekannte Tendenz, dass der BMI grundsätzlich mit dem Lebensalter ansteigt und Männer im Mittel einen höheren BMI-Wert haben als Frauen.

Tab. 6.1 Mittlerer Body Mass Index in der Arbeitsstichprobe des SGS und in Westdeutschland, dargestellt für Altersklassen und getrennt nach Frauen und Männern

Männer	bis 25	25 bis 29	30 bis 39	40 bis 49	50 bis 59	60 bis 69	über 70
Westdeutschland (RKI 1995)		25	26,3	27	27,8	27,7	
Arbeitsstichprobe des SGS	26,2	24	25,5	26	26,5	27,1	26,7

Frauen	bis 25	25 bis 29	30 bis 39	40 bis 49	50 bis 59	60 bis 69	über 70
Westdeutschland (RKI 1995)		23,6	24,5	25,7	28,1	28,2	
Arbeitsstichprobe des SGS	21,9	22,5	22,4	23,5	25,2	26,5	26,4

Die BMI-Mittelwerte der Arbeitsstichprobe des SGS lagen bei den Männern in allen Alterklassen um ca. 1 BMI-Punkt niedriger als in der Vergleichsstichprobe; bei den Frauen um annähernd 2 BMI-Punkte [RKI 1995]. Dies ist ein weiterer Hinweis, dass es sich bei den Probanden des SGS um ein Kollektiv mit überdurchschnittlichem Gesundheitsbewusstsein handeln könnte.

### Übergewicht

Ein BMI von 30 oder darüber wird als starkes Übergewicht bezeichnet, das als anerkannter Risikofaktor für die Gesundheit gilt. Die Anteile stark Übergewichtiger in der Arbeitsstichprobe und im bundesdeutschen Vergleich (West-Deutschland) sind in Tab. 6.2 angegeben.

Tab. 6.2 Relative Anzahl stark übergewichtige Frauen und Männern

Übergewicht	Frauen	Männer
West-Deutschland (RKI 1995)	24 %	18 %
Arbeitsstichprobe des SGS	12,7 %	13,1 %

Stark übergewichtige Frauen waren in der Arbeitsstichprobe des SGS mit 12,7 % nur etwa halb so häufig vertreten wie in West-Deutschland. Auch die Anzahl der stark übergewichtigen Männer war deutlich geringer als in der Vergleichsstichprobe [RKI 1995].

## 6.9 Sozio-ökonomischer Status

Der sozio-ökonomische Status ist eine zentrale soziologische Hintergrundvariable. Zum skalieren des sozio-ökonomischen Status bieten sich verschiedene Verfahren an. Erstens können erhobene deskriptive Merkmale, die als Indikatoren des sozialen Status gelten (z. B. Einkommen, Bildung, Vermögen usw.), herangezogen und zu einem einfachen oder

gewichteten Index verknüpft werden. Zweitens kann ein Index durch die Verwendung statistischer Verfahren, wie etwa der Faktorenanalyse, noch verfeinert werden. Schließlich besteht die Möglichkeit bereits getestete Skalen zur Messung des sozio-ökonomischen Status zu verwenden. Der Arbeit mit bewährten Skalen ist grundsätzlich der Vorzug zu geben. Allerdings können dabei Probleme auftreten. So können die bestehenden Skalen vielfach nicht direkt übertragen werden, sondern müssen an die Datenlage des jeweils vorliegenden Datenmaterials angepasst werden.

In der vorliegenden Arbeit wurde der einfache Index nach Hoffmeyer-Zlotnik (HZI) als soziologische Hintergrundvariable eingesetzt. Er skaliert den Grad der Handlungsautonomie der erhobenen Bildungs- und Berufsdaten. Die Zuordnung ist der Tab. 6.3. zu entnehmen. Weitere Erläuterungen zur Quantifizierung des sozio-ökonomischen Index befinden sich im Anhang.

Die Verteilung des sozio-ökonomischen Index nach Tab. 6.1 zeigt die Abb. 6.14.

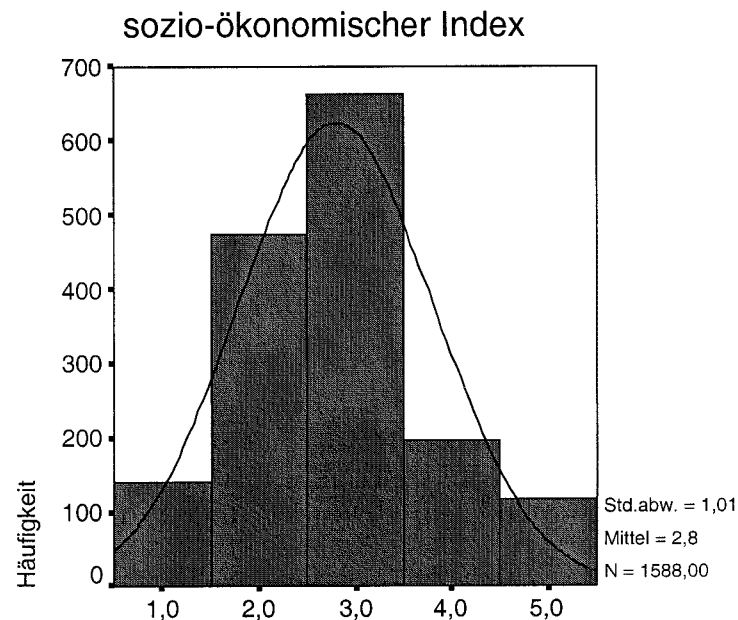


Abb. 6.14 Sozio-ökonomischer Index für die Arbeitsstichprobe

Tab. 6.3 Zuordnung des HZI-Index zu der im SGS erhobenen beruflichen Stellung und Schulbildung

Berufliche Stellung	HZI-Index	Zuordnung zum SGS *
<b>Arbeiter</b>		
ungelernt	1	5-1
angelernt	1	5-1
Facharbeiter	2	5-2
Vorarbeiter	3	5-2 & 3-2
Meister	4	5-2 & 3-3
<b>Angestellte</b>		
einfache Tätigkeit	2	5-3 & ( 2-1 oder 2-7 oder 2-8)
schwere Tätigkeit	3	5-3
selbstständige Tätigkeit	4	5-3 & (3-2 oder 3-3)
Werkmeister	4	5-3 und 3-3
Führungsaufgabe	5	5-4
<b>Beamte</b>		
einfacher Dienst	2	5-5 & (2-1 oder 2-7 oder 2-8)
mittlerer Dienst	3	5-5
gehobener Dienst	4	5-5 und 3-4
hoher Dienst	5	5-5 und 3-5
<b>Selbstständige</b>		
einen Mitarbeiter	3	5-7
2-9 Mitarbeiter	4	5-7
10-49 Mitarbeiter	5	5-6
Mehr als 50 Mitarbeiter	5	5-6
<b>Sonstige</b>		
Mithelfende	3	5-8
Hausfrauen	2	5-9 und 4-7
Schüler / Studenten	3	5-9 und (3-8 oder 4-9 oder 4-10 oder 4-11)

\* = Angegeben sind die Nummern der Fragen im SGS (vgl. Anhang) die zur Zuordnung eingesetzt wurden

# 7 LÄRMBELASTUNG

Zusätzlich zur Standarderhebung wurde im 9. Durchgang des Spandauer Gesundheits-Survey die Lärmbelastung erfragt (vgl. Kapitel 7.4) sowie die objektive Schallbelastung der Probanden quellenbezogen erhoben. Die Schallbelastung durch Straßenverkehr wurde mit Hilfe einer Datenbank der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung für jede Wohnadresse ermittelt (vgl. Kapitel 7.1). Gleichzeitig wurde an einer Unterstichprobe von Probanden – die außerhalb der Fluglärmmzonen wohnten – der energieäquivalente Dauerschallpegel über 24 Stunden vor dem Schlafzimmerfenster gemessen. Mit Hilfe der gemessenen Dauerschallpegel wurden die „Datenbankpegel“ überprüft und unter Berücksichtigung der Entfernung Korrekturgrößen für bestimmte Lagemerkmale der Wohnungen und Wohnräume abgeleitet (vgl. Kapitel 7.1.1). Zusätzlich wurde die retrospektive Schallbelastung durch Straßenverkehr für die Jahre 1982 und 1993 ermittelt (vgl. Kapitel 7.2). Die Fluglärmbelastung der Probanden ging anhand der Fluglärmmzonen des Flughafen Berlin-Tegel in die Untersuchung ein (vgl. Kapitel 7.3).

## 7.1 Aktueller Straßenverkehrslärm

Die „aktuelle“ Schallbelastung durch Straßenverkehr wurde der Datenbank entnommen, die von der Berliner Senatverwaltung für Stadt- und Umweltentwicklung bereitgestellt wurde. Der digitalen Schallimmissionskarte können u.a. die Beurteilungspegel ( $L_T$ ) bezogen auf die Häuservorderfront für Berliner Wohnadressen entnommen werden. Die Beurteilungspegel stellen Kenngrößen der mittleren Schallbelastung (Immissionspegel) dar. Dabei wird zwischen der Tageszeit (6-22 Uhr) und der Nachtzeit (22-6 Uhr) unterschieden. Die Beurteilungspegel die in der Datenbank verzeichnet sind, wurden aus den Verkehrszählungsdaten des Senats von 1995 errechnet. Solche Zählungen lagen für das gesamte Berliner Hauptstraßennetz vor, sowie einem Teil des Nebenstraßennetzes.

Die Datenbank stellt für jede Wohnadresse einen Kartenausschnitt zur Verfügung, aus dem die Lage des Wohnhauses zur Straße ersichtlich ist. Dieser Kartenausschnitt wurde ebenso wie die Entfernung der Hausvorderseite zur Straßenmitte in einer eigens erstellten Projektdatenbank gespeichert, ausgewertet und mit den Angaben der Versuchspersonen zur Lage ihrer Wohn- und Schlafräume abgeglichen. Die Abb. 7.1 zeigt als Beispiel einen Kartenausschnitt für die Adresse Seehofer Str. 1.

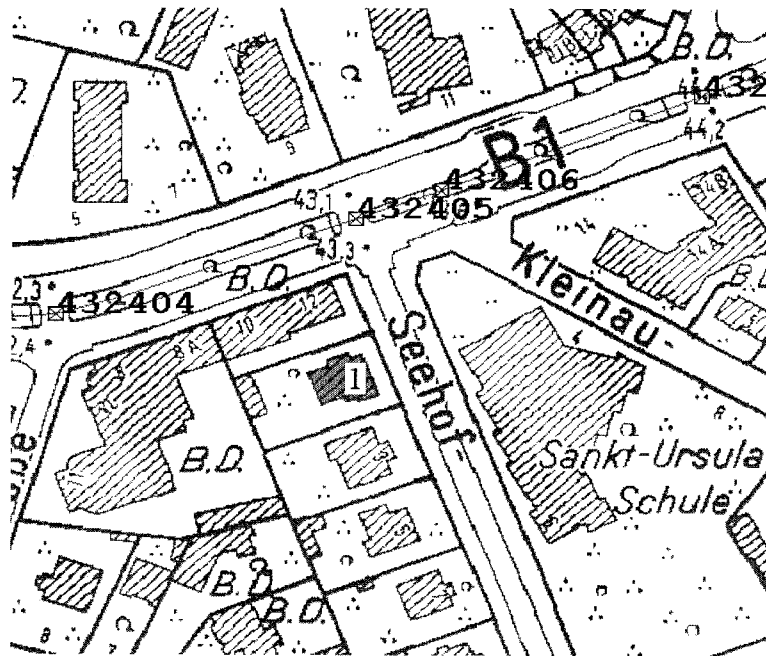


Abb. 7.1 Kartenausschnitt der Projektdatenbank für die Adresse Seehofstr. 1 (Deckt sich nicht mit der Adresse eines Probanden).

Die Beurteilungspegel, die der Datenbank entnommen wurden, sind nur dann mit der Straßenverkehrslärmbelastung vor dem Wohn- bzw. Schlafzimmerfensters vergleichbar, wenn die Vorderfront des Wohnhauses nicht von der allgemeinen Straßenfront abweicht und die Fenster der Wohn- bzw. Schlafräume zur lärmbelasteten Straße zeigen. Die Verteilungen der Lagen der Wohn- und Schlafräume der Probanden in der Arbeitsstichprobe zeigt die Abb. 7.2.

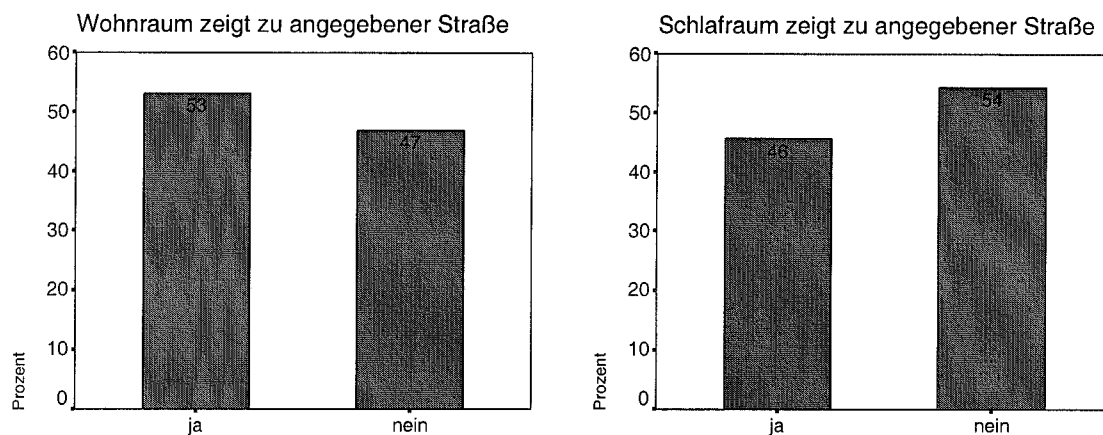


Abb. 7.2 Lage der Wohnräume und Schlafräume zur angegebenen lärmbelasteten Straße.

Die Fenster der Wohn- und Schlafräume der Probanden zeigten häufig nicht zur lärmbelasteten Straße, so dass es notwendig war, die Datenbankpegel zu korrigieren. Dazu wurden einerseits Entfernungskorrekturen durchgeführt. Andererseits wurde aus den Lagemerkmalen der Schlafzimmerfenster (vorne, Seite, hinten) und dem Stockwerk der



Wohnung insgesamt 9 Lagekategorien gebildet. Für jede Kategorie wurden an einer Unterstichprobe aus 24h-Pegelmessungen Korrekturwerte ermittelt.

### 7.1.1 Pegelmessungen

An einer Unterstichprobe wurden 24h-Pegelmessungen vorgenommen, die vergleichbare Pegelmessungen des Umweltbundesamtes ergänzten. Die Stichprobe wurde zufällig aus jeder Lagekategorie gezogen, sofern mehr Objekte vorlagen als Messungen vorgesehen waren. Den Wohnungsinhabern wurden die Pegelmessungen schriftlich angekündigt, und es wurde um ihre Mitarbeit geworben (vgl. Kapitel 14.3). Das Einverständnis wurde telefonisch eingeholt, und ein Termin für die Messung vereinbart. Zur Messung wurde ein wetterfestes Mikrofon verwendet, das mit Hilfe eines Saugnapfsgestänges vor der Außenscheibe des Schlafzimmerfensters befestigt wurde. Die Messkette wurde vor Ort kalibriert.

Der Geräuschpegel vor dem Schlafzimmerfenster wurde mit einem Klasse 1 Schallpegelmessgerät (Bruel & Kjaer) über 24 Stunden alle zwei Sekunden als A-bewerteter Dauerschallpegel ( $L_{Aeq}$ ) und als linearer Dauerschallpegel ( $L_{Leq}$ ) aufgezeichnet. Zusätzlich wurden die Maximalpegel ( $L_{Amax}$ ) in jedem Zeitintervall gespeichert.

Das Messgerät wurde am folgenden Tag wieder abgebaut, und ein kurzes Wohnungsbegehungsprotokoll angefertigt. Aus den Messreihen wurde jeweils der A-bewertete Dauerschallpegel für den Tag und für die Nacht berechnet. Insgesamt lagen exemplarische Messungen für verschiedene Lagekategorien von 96 Wohnungen vor.

### 7.1.2 Korrekturfaktoren

Als Korrekturfaktoren einer Lagekategorie wurde die mittlere Schallpegeldifferenz zwischen den Datenbankpegeln bezogen auf die Hausvorderfront und den gemessenen Pegeln herangezogen. Als Hausvorderfront wurde generell die Seite des Hauses bezeichnet, die der verkehrsreichsten Straße zugewandt war. Waren für die Hausvorderfront Abschattungen durch andere Gebäude zu berücksichtigen (nach visueller Begutachtung), so wurden die Pegel an der Hausvorderfront durch Ausbreitungsprognosen (CADNA A) bestimmt. Dies war bei 26 Adressen der Fall. Eingangsdaten der Ausbreitungsprognosen waren die „Datenbankpegel“ für die verkehrsreichste Straße. Das Ergebnis einer solchen Ausbreitungsrechnung ist in der Abb. 7.3 für die Wohnadresse Seehofstr. 1 dargestellt (vgl. auch Abb. 7.1).

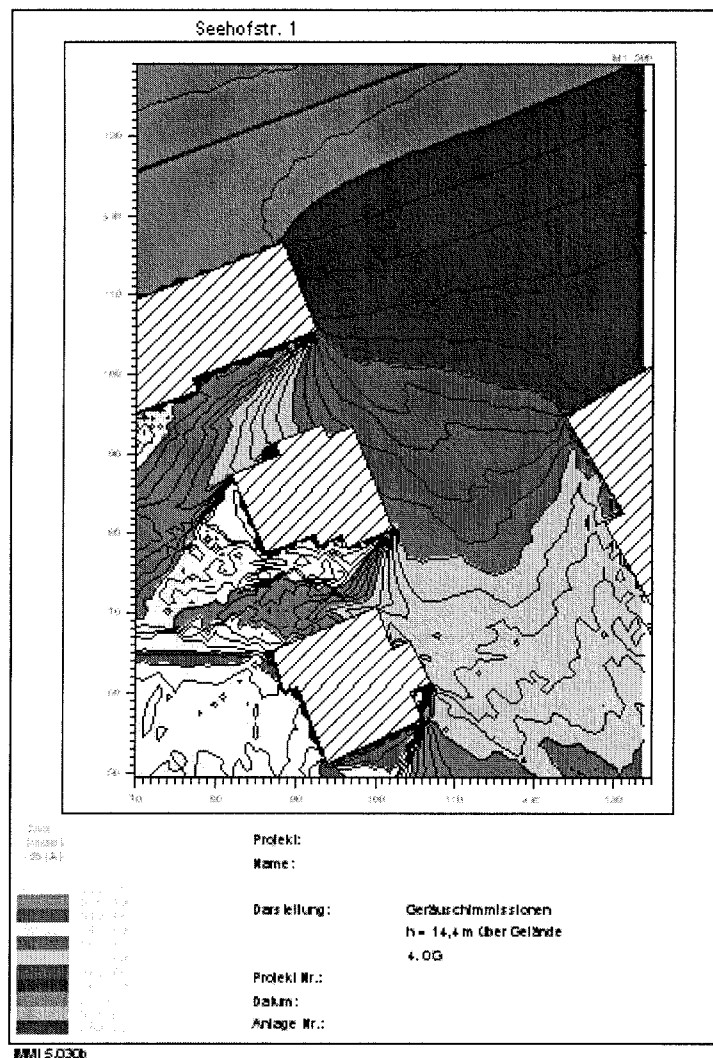


Abb. 7.3 Prognose für die Geräuschimmission am Objekt Seehofstr. 1 (CADNA A) aufgrund des Straßenverkehrs auf der Bundesstraße 1 (vgl. Abbildung 1)

Die Pegeldifferenzen wurden nach der Lage des Schlafzimmerfensters sowie dem Stockwerk geordnet und der Mittelwert bzw. die Standardabweichung der Pegeldifferenzen berechnet. Fälle in denen der gemessene Pegel nah am Hintergrundpegel lag, wurden von der Mittelung ebenso ausgeschlossen wie Wohnadressen für die keine Verkehrszählung vorlag. Die Korrekturfaktoren wurden an den Gruppenmittelwerten der verbleibenden Messungen orientiert. Gruppenmittelwerte und Standardabweichung der Pegeldifferenzen (Messpegel-Datenbankpegel) sind in Tab. 7.1 verzeichnet.

Tab. 7.1 Lagemerkmale, mittlere Pegeldifferenzen und Standardabweichungen

Lagemerkmale			Pegeldifferenz Messung – Datenbank	
Stockwerk	Bauart	Fensterposition	Mittelwert	Stdabw.
0-4	offen oder geschlossen	vorn	0,02	4,4
0-4	offen	Seite	-2,4	5,3
0-4	offen	hinten	-9,4	6,9
0-4	geschlossen	hinten	-13,3	4,3
5-9	offen	vorn	1,55	4,9
5-9	offen	hinten	n.g.F.	—
über 9	offen	vorn	n.g.F.	—
über 9	offen	hinten	n.g.F.	—

n.g.F. = nicht genügend Fälle

Korrekturfaktoren wurden anhand der mittleren Pegeldifferenzen (vgl. Tab. 7.1) und in Anlehnung an die Anhaltswerte der VDI 2571 [VDI 2571] festgelegt. Der Lagekategorie „hinten-offen“ wurde ein Korrekturfaktor von 10 dB und der Lagekategorie „hinten-geschlossen“ ein Korrekturfaktor von 15 dB zugeordnet.

Die Messwerte stimmten im Mittel gut mit den „Datenbankpegeln“ überein, sofern die Fenster zur Straße zeigten und die 4. Etage nicht überschritten wurde. Auf eine Korrektur wurde in diesen Fällen verzichtet. Auch bei höheren Stockwerken ergab sich im Mittel nur eine Abweichung von 1,6 dB. Deshalb wurde in diesen Fällen auf eine Korrektur der Datenbankpegel verzichtet.

Die Messungen ergaben auch, dass Nebenstraßen für die keine Verkehrszählung vorgenommen wurden, nicht generell als sehr ruhig eingestuft werden können. Hier lieferten die Kontrollmessungen, dass etwa 25 % der in den Nebenstraßen gemessenen Adressen am Tage Dauerschallpegel aufwiesen die größer als 60 dB(A) waren, in Einzelfällen größer als 65 dB(A). Etwa 20 % der in den Nebenstraßen gemessenen Dauerschallpegel war am Tag niedriger als 55 dB(A). Die Messungen wurden nur an Werktagen (Dienstag bis Donnerstag) vorgenommen. Insgesamt ergaben die Kontrollmessungen für solche Straßen für die keine Verkehrszählung vorgenommen wurden einen mittleren Dauerschallpegel am Tage von 59 dB(A).

Lagekorrekturen wurden für alle Objekte geprüft, für deren Adresse in der Datenbank Schallpegel verzeichnet waren, oder für die von einer Schallbelastung durch eine

nahegelegene Straße ausgegangen werden musste (vgl. Abb. 7.3). Die Lagekorrekturen wurden grundsätzlich anhand der örtlichen Gegebenheiten und der Angaben der Bewohner vorgenommen (vgl. Anhang, Lärmfragebogen) bzw. mit den Angaben der Bewohner abgeglichen. Es ist darauf hinzuweisen, dass für Wohnadressen deren Fenster nicht zu der verkehrsgezählten Straße sondern zu einer nicht gezählten Nebenstraße wiesen, aufgrund der Abschirmungskorrektur keine Pegelwerte zugelassen wurden, die unterhalb der Pegelklasse für die ungezählten Nebenstraßen lagen ( $>55$ - $60$  dB(A)). Korrigierte Schallpegel unter  $52,5$  dB(A) am Tage wurden grundsätzlich auf  $52,5$  dB(A) gesetzt, um dem üblichen städtischen Hintergrundgeräusch Rechnung zu tragen. Korrigierte Schallpegel unter  $47,5$  dB(A) in der Nacht wurden auf  $47,5$  dB(A) gesetzt.

Die Verteilung der (lagekorrigierten) Immissionspegel für den Tag und für die Nacht sind in den Abb. 7.4 und Abb. 7.5 dargestellt.

In diesen Abbildungen sind nicht die Wohnadressen der Probanden berücksichtigt, die an Straßen wohnten für die keine Verkehrszählung vorgenommen wurde. Im Hinblick auf eine angestrebte Kategorisierung der Immissionsbelastung der Wohnungen der Probanden in 5 dB Stufen wurden diesen Wohnadressen in Übereinstimmung mit den Kontrollmessungen und den Aussagen der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung [Pegel kleiner als  $60$  dB(A)] eine Immissionsbelastung am Tag von  $>55$  bis  $60$  dB(A) zugeordnet.

In der Nacht ergaben die Kontrollmessungen, dass die nächtliche Immissionsbelastung dieser Wohnungen in die Kategorie  $>50$  bis  $55$  dB(A) einzuordnen ist.

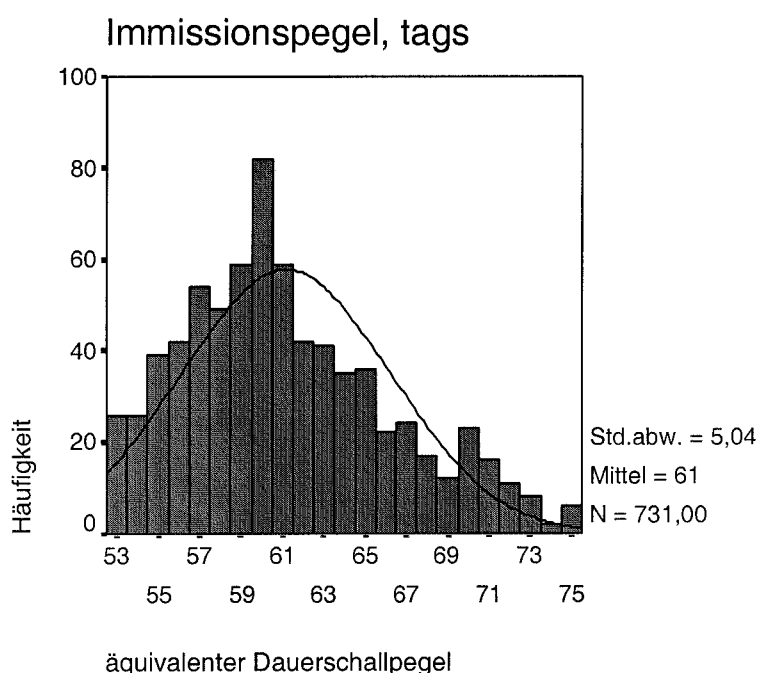


Abb. 7.4 Häufigkeitsverteilung der Immissionspegel am Tage (Straßenverkehr)

Aufgrund der Verteilung ergab sich am Tag die folgende Belegung der Expositionsklassen.

Tab. 7.2 Belegung der Expositionsklassen durch Straßenverkehr am Tage

Pegelklassen	unter 55 dB(A)	55-60 dB(A)	> 60-65 dB(A)	über 65 dB(A)
N	82	247	249	153

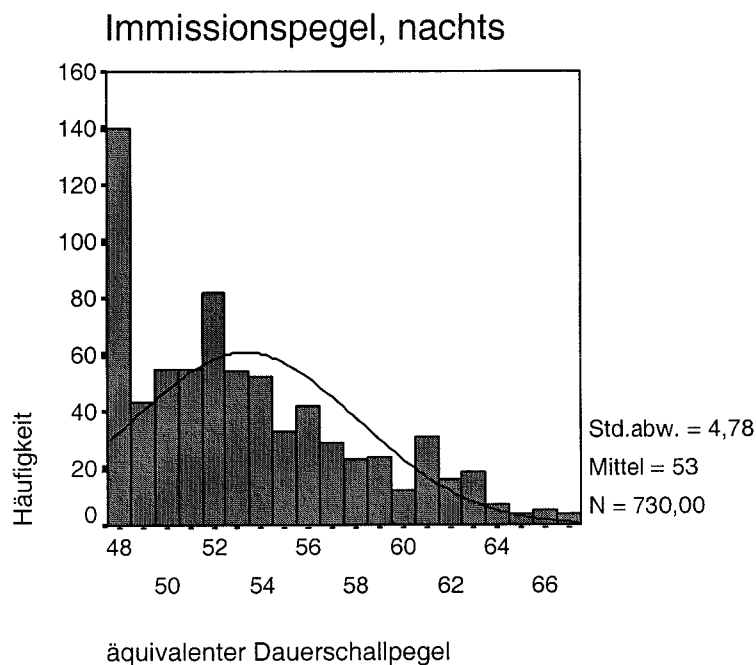


Abb. 7.5 Häufigkeitsverteilung der Immissionspegel in der Nacht (Straßenverkehr)

Aufgrund der Verteilung ergab sich in der Nacht die folgende Belegung der Expositionsklassen.

Tab. 7.3 Belegung der Expositionsklassen durch Straßenverkehr in der Nacht

Pegelklassen	unter 50 dB(A)	50-55 dB(A)	über 55 dB(A)
N	215	287	228

## 7.2 Retrospektive Erfassung der Schallbelastung durch Straßenverkehr

Die Schallbelastung durch Straßenverkehr wurde retrospektiv für jeden Wohnort aus Schallimmissionsplänen entnommen, die von der Berliner Senatsverwaltung für

Stadtentwicklung zur Verfügung gestellt wurden. Den in den Plänen farblich kodierten Beurteilungspegeln liegen Verkehrszählungsdaten des Senats von 1980 bzw. 1993 zugrunde. In dem Straßenverkehrsimmissionsplan, dem die Verkehrszählung von 1980 zugrunde liegt, waren nur Beurteilungspegel über 60 dB(A) verzeichnet. Der Straßenverkehrsimmissionsplan von 1993 enthielt auch Beurteilungspegel unter 60 dB(A).

Ein Vergleich der Geräuschbelastung durch den Straßenverkehr zeigt, dass sich die Geräuschbelastung der Probanden seit 1993 insgesamt nicht wesentlich verändert hat (Abb. 7.6). Dies zeigt auch die recht hohe Korrelation mit der Geräuschbelastung von 1993 ( $r = 0,89$ ) (vgl. Tab. 7.4).

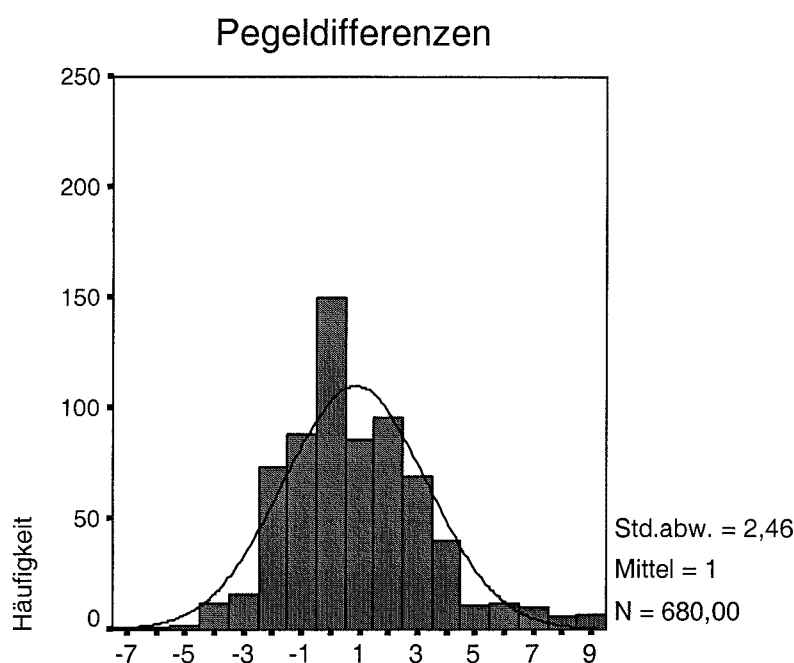


Abb. 7.6 Pegeldifferenzen in der Schallbelastung durch Straßenverkehr. Beurteilungspegel von 1993 minus der aktuellen Schallbelastung

Im Mittel hat sich der Beurteilungspegel seit 1993 um 1 dB verringert. Für annähernd 2/3 der Immissionsorte ist die Abweichung kleiner als 2,5 dB. Für einzelne Immissionsorte sind Pegelminderungen von über 5 dB zu verzeichnen.

Ein Vergleich der Beurteilungspegel von 1980 mit der aktuellen Schallbelastung ergibt eine insgesamt geringere Übereinstimmung der Geräuschbelastung. Dies zeigt sich auch an dem geringeren Korrelationskoeffizienten von  $r=0,79$  (vgl. Tab. 7.4).

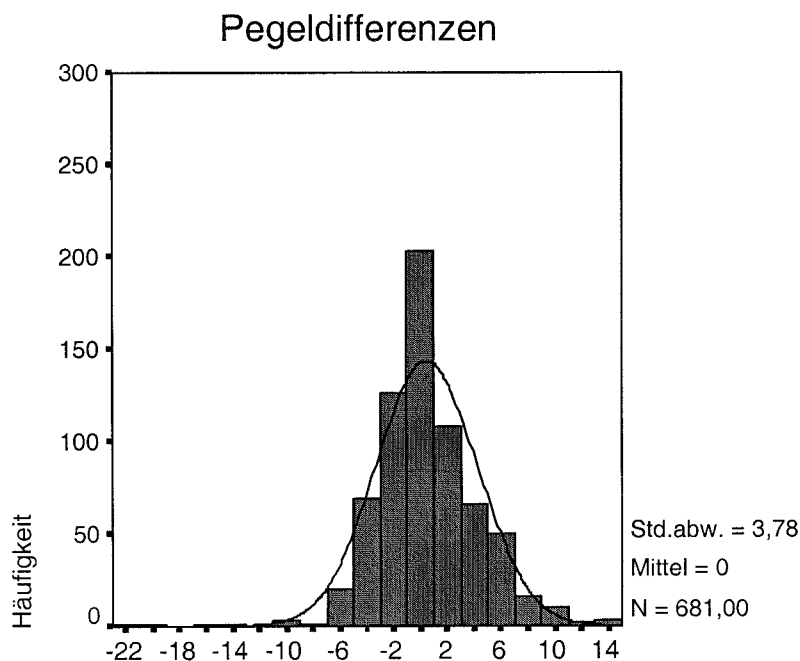


Abb. 7.7 Pegeldifferenzen in der Schallbelastung durch Straßenverkehr. Beurteilungspegel von 1980 minus der aktuellen Schallbelastung.

Im Mittel hat sich der Beurteilungspegel gegenüber 1980 nicht verändert. Es ist aber von einer starken Verlagerung der Verkehrsströme auszugehen, so dass sich deutliche Pegelminderungen und Pegelerhöhungen gegenüberstehen. Dies zeigt sich auch an der größeren Standardabweichung von 3,8 dB (gegenüber 2,5 für den Vergleich mit 1993). Für einzelne Immissionsorte sind Pegelveränderungen von über 10 dB zu verzeichnen. Hier spiegelt sich die veränderte Verkehrssituation im Berliner Randbezirk Spandau wider, die mit der Wiedervereinigung eintrat.

Tab. 7.4 Korrelationen der Immissionspegel

		Immissionspegel Häuserfront, tags, 1980	Immissionspegel Häuserfront, tags, 1993	Immissionspegel, Häuserfront, tags, aktuell
Immissionspegel, Häuserfront, tags, aktuell	Korrelation nach Pearson	,788	,890	1,000
	p (2-seitig)	,000	,000	,
	N	681	680	731

Sofern die Probanden nicht umgezogen sind, kann von einer vergleichbaren Schallbelastung durch den Straßenverkehrslärm seit 1993 ausgegangen werden.

## 7.3 Fluglärm

Die aktuelle Schallbelastung durch den Flugverkehr sollte ebenfalls der Datenbank entnommen werden. Die in Zusammenarbeit mit der Senatverwaltung für Stadt- und Umweltentwicklung geplante digitale Fluglärmkarte wurde jedoch nicht – wie geplant – fertig gestellt. Zur Kennzeichnung der Fluglärmimmission bezogen auf die Wohnadresse wurden daher 3 Fluglärmzonen herangezogen. Die Fluglärmzonen 1 und 2 sind im Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm festgelegt [Schutzzone 1:  $L_{eq(4)} \geq 75 \text{ dB(A)}$ ; Schutzzone 2:  $75 \text{ dB(A)} > L_{eq(4)} \geq 67 \text{ dB(A)}$ ]. Die Schutzzone 3 ist in den Empfehlungen der Länder zur Bauleitplanung definiert [ $67 \text{ dB(A)} > L_{eq(4)} \geq 62 \text{ dB(A)}$ ]. Die Fluglärmzonen für den Flughafen Berlin Tegel wurden aus Fluglärmkarten der Senatverwaltung für Stadt- und Umweltentwicklung ausgelesen.

Eine Korrektur hinsichtlich der Lagemerkmale der Wohnungen wurde nicht vorgenommen, da der Fluglärm als nahezu unabhängig von der Lagekategorie (vgl. Verkehrslärmbelastung) angesehen wurde.

Die relative Verteilung der Fluglärmzonen in der Arbeitsstichprobe ist der Abb. 7.8 zu entnehmen.

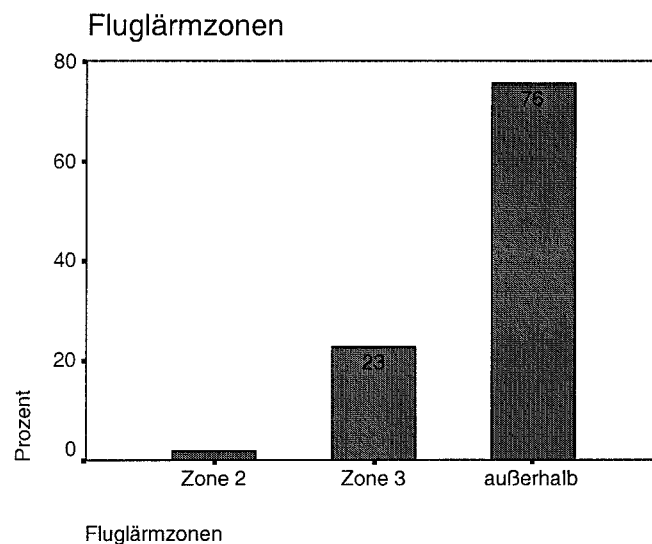


Abb. 7.8 Relative Häufigkeit der Fluglärmzonen

Aufgrund der relativen Häufigkeiten ergab sich die folgende Belegung der Expositionsklassen.

Tab. 7.5 Belegung der Expositionsklassen Fluglärmzonen

Fluglärmzonen	Zone 2	Zone 3	außerhalb
N	31	382	1278



## 7.4 Subjektive Lärmbelastung

Schall ist nicht nur ein physikalischer Reiz, sondern löst auch ein individuelles Erleben aus. Eine unzureichende psychische Bewältigung einer Schallexposition kann ebenfalls zu Regulationskrankheiten führen (vgl. Kapitel Informationsverarbeitung). Die subjektive Lärmbelastung wurde daher mit einem Lärmfragebogen erhoben und in die statistischen Analysen aufgenommen.

### 7.4.1 Lärmfragebogen

Insgesamt 1801 Probanden füllten im 9. Durchgang des SGS den separaten Fragebogen zur subjektiven Lärmbelastung und zur subjektiven Lärmempfindlichkeit aus. Die subjektiv empfundenen Störungen durch Fluglärm, Straßenverkehrslärm, Schienenlärm und Gewerbelärm wurden sowohl für den Tag als auch die Nacht mit einer 5-stufigen Skala erfragt.

Für Fluglärm und Straßenverkehrslärm sind die Verteilungen der Störungen in den Abb. 7.9 und Abb. 7.10 dargestellt. Die Störung für Fluglärm und Straßenverkehrslärm wurde als dichotome Variable in die weitere statistische Auswertung aufgenommen. Die Antworten „nicht gestört“ und „wenig gestört“ wurden zur Kategorie „geringe Störung“, die Antworten „mittelmäßig gestört“, „ziemlich gestört“ und „sehr gestört“ zur Kategorie „starke Störung“ zusammengefasst.

Tab. 7.6 Belegung der Kategorien der subjektiv empfundenen Störung für den Tag und die Nacht

	nicht oder wenig gestört	gestört durch Straßenlärm	gestört durch Fluglärm	gestört durch beide Quellen
N (Tag)	802	201	326	180
N (Nacht)	1202	140	129	62

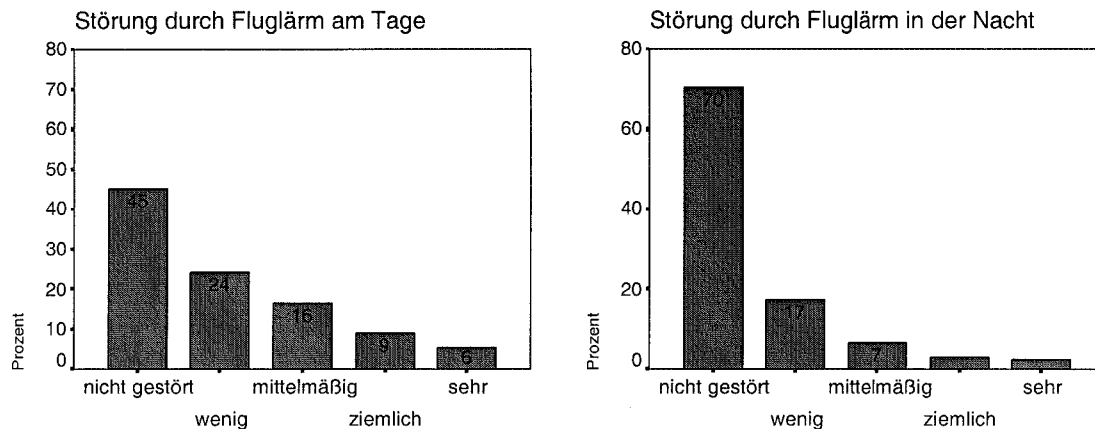


Abb. 7.9 Störung durch Fluglärm von „nicht gestört“ bis „sehr gestört“

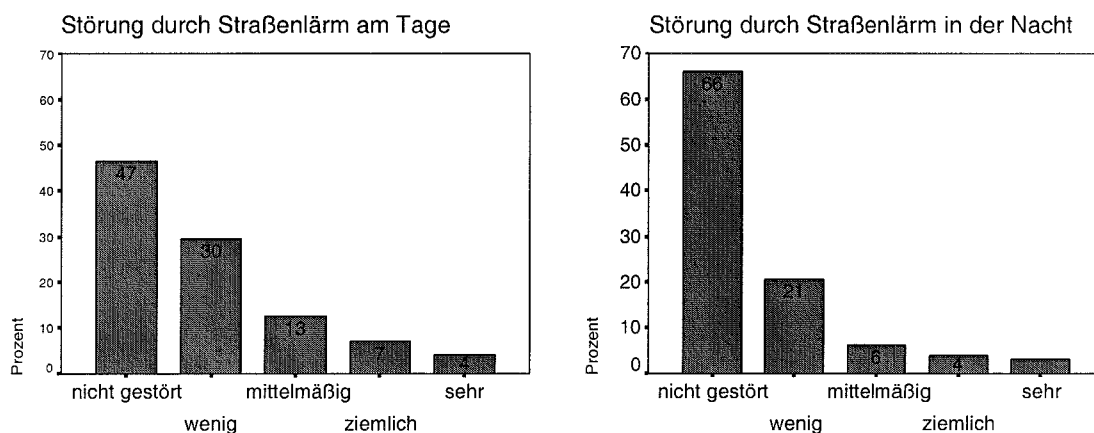


Abb. 7.10 Störung durch Straßenverkehrslärm von „nicht gestört“ bis „sehr gestört“

Mit den Fragen „Wie stark fühlen Sie sich in ihrer Wohnung / Ihrem Haus durch folgende Lärmquellen am Tage (in der Nacht) gestört“ wurde auch der Industrie- / Gewerbelärm abgefragt. Für Industrie- und Gewerbelärm wurde von den Probanden nur eine insgesamt geringe Störung mitgeteilt. Der Gewerbelärm wurde daher nicht gesondert ausgewertet. Einzelne Personen die eine Störung durch Gewerbelärm angaben die „wenig gestört“ überstieg, wurden von den statistischen Analysen zur objektiven Geräuschbelastung durch Straßen- oder Fluglärm ausgeschlossen. Die Häufigkeit und der Grad der Störung durch Industrie- bzw. Gewerbelärm ist der Abb. 7.11 zu entnehmen.

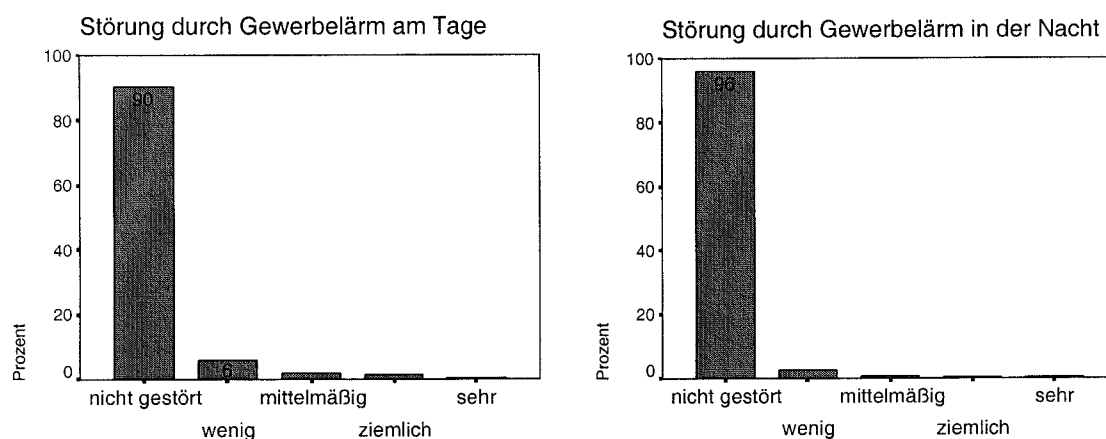


Abb. 7.11 Ausmaß der Störung durch Industrie- bzw. Gewerbelärm

Auch der Schienenlärm wurde nicht gesondert ausgewertet, da insgesamt nur eine geringe Störung durch Schienenlärm mitgeteilt wurde. Einzelne Personen, die eine Störung durch Schienenlärm angaben, die „wenig gestört“ überstieg, wurden ebenfalls von den statistischen Analysen zur objektiven Geräuschbelastung durch Straßen- oder Fluglärm ausgeschlossen. Der Grad der Störung durch Schienenlärm ist der Abb. 7.12 zu entnehmen.

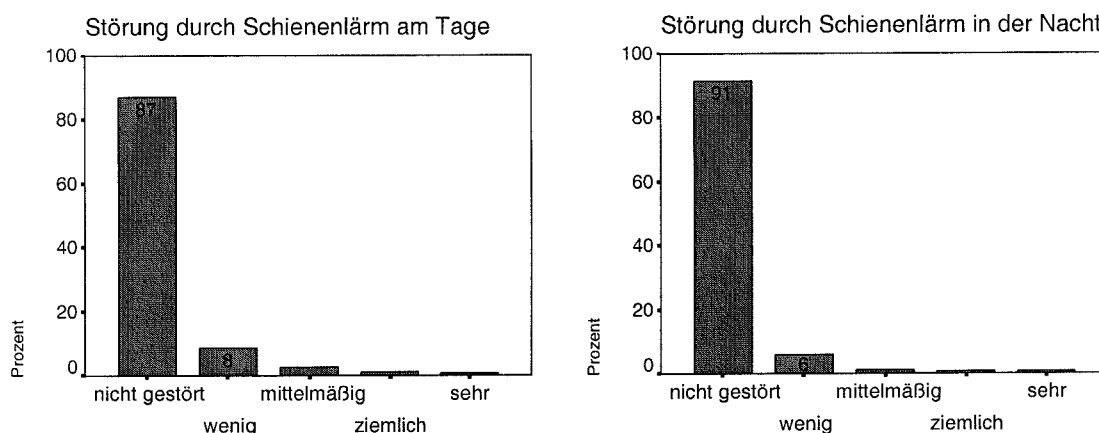


Abb. 7.12 Ausmaß der Störung durch Schienenlärm

## 7.4.2 Wohndauer

Eine wesentliche Determinante im Pathogenesemechanismus von Lärm stellt die Einwirkdauer dar (vgl. Kapitel 4). Mit der Frage: „Seit wann wohnen Sie schon in ihrer derzeitigen Wohnung“ wurde die Einwirkdauer erhoben. Die Angaben sind als kumulierte relative Häufigkeit in der Abb. 7.13 aufgetragen.

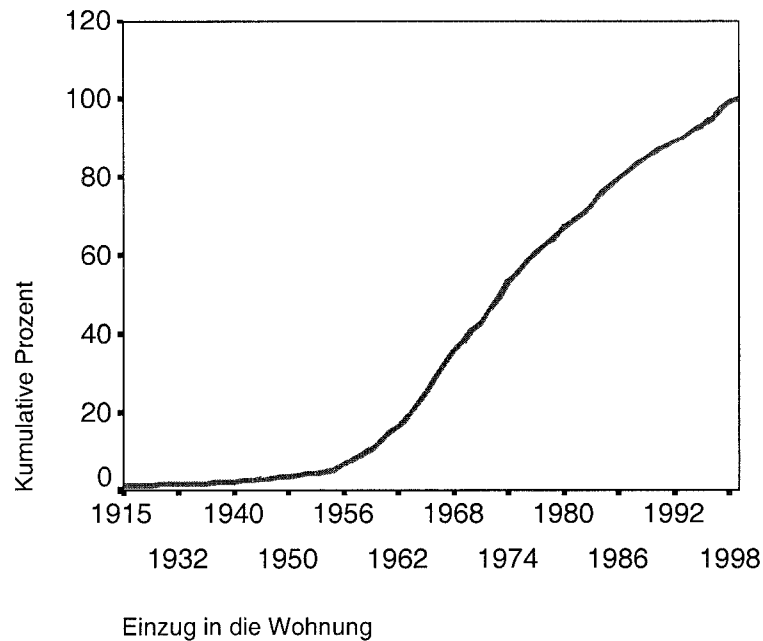


Abb. 7.13 Kumulierte Häufigkeit des Einzugsjahres der derzeitigen Wohnung

Zum Zeitpunkt der Untersuchung lebten mehr als 50 % der Probanden länger als 25 Jahre, 75 % länger als 15 Jahre und 85 % länger als 10 Jahre in der derzeitigen Wohnung.

### 7.4.3 Fensteröffnungsverhalten

Neben der Wohndauer ist für die Lärmwirkung auch das Fensteröffnungsverhalten von Bedeutung (vgl. Kapitel 4). Das Fensteröffnungsverhalten wurde im SGS mit den Fragen erhoben: „Schlafen Sie in der Regel das ganze Jahr über bei geschlossenen Fenstern?“ und „Halten Sie die Fenster in der Regel das ganze Jahr über geschlossen, wenn Sie sich in Ihrem hauptsächlich genutzten Wohnraum aufhalten?“. Die Angaben der Probanden sind in der Abb. 7.14 grafisch dargestellt.

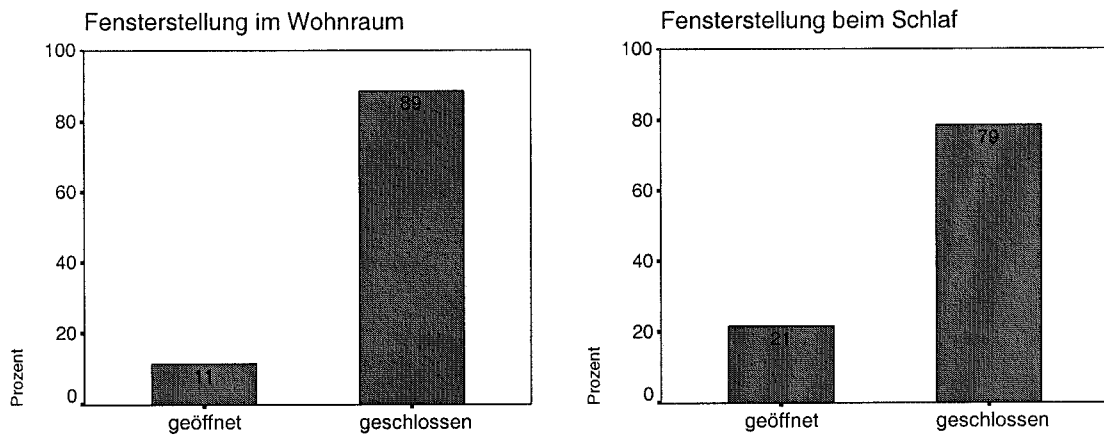


Abb. 7.14 Übliches Fensteröffnungsverhalten im Wohnraum und beim Schlaf.

Das Fensteröffnungsverhalten wird als Auswahlkriterium in die statistische Analyse aufgenommen.

### 7.4.4 Hörfähigkeit

Die Wahrnehmung von Schall und damit auch das Lärmerleben ist vom Hörvermögen der Probanden abhängig (vgl. Kapitel 2 und 3), das „objektiv“ z. B. durch eine Audiometrie erfasst werden kann. Eine zeitaufwendige Audiometrie konnte in den SGS nicht integriert werden. Im 9. Durchgang des SGS wurde das subjektive Hörvermögen der Probanden mit den Fragen „Haben Sie einen Hörschaden?“ und „Benutzen Sie ein Hörgerät?“ erhoben. Die Verteilungen der Antworten sind in der Abb. 7.15 grafisch dargestellt.

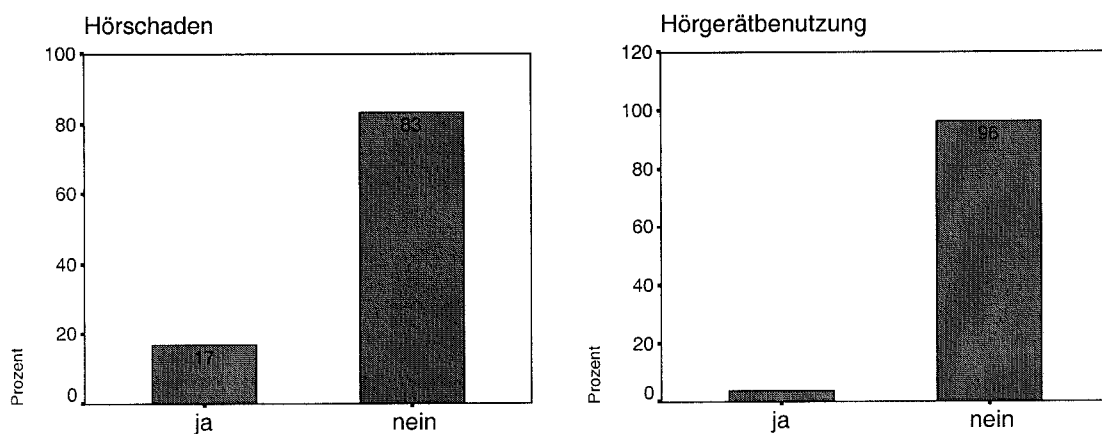


Abb. 7.15 Hörschaden und Hörgerätenutzung

Der erfragte Hörschaden wurde als dichotome Variable in die statistische Analyse aufgenommen.

### 7.4.5 Lärmempfindlichkeit

Die großen individuellen Unterschiede in der Lärmreaktion, die in Labor- und Feldstudien beobachtet werden, können teilweise auf die individuell sehr unterschiedliche Lärmempfindlichkeit zurückgeführt werden. Die subjektive Lärmempfindlichkeit kann mit geeigneten Befragungskomplexen erhoben werden (z. B. [Zimmermann et al. 1998]). Der Umfang dieser standardisierten Instrumente war für die zusätzliche Befragung der Spandauer Kohorte zu umfangreich. So wurde die Lärmempfindlichkeit im 9. Durchgang des SGS mit einem Fragenkomplex zur Wahrnehmung von Lärm, zum individuellen Verhalten und zur Beanspruchung durch Lärm ermittelt (siehe Anhang). Eine sensible subjektive Wahrnehmung von Geräuschen, ein Lärmvermeidungsverhalten sowie eine hohe Beanspruchung durch Lärm wurden als Hinweis auf eine erhöhte Lärmempfindlichkeit gewertet. Unter dieser Voraussetzung lässt sich die individuelle Lärmempfindlichkeit mit dem Fragenkomplex 10 des SGS auf einer Skala zwischen 9 (geringste Lärmempfindlichkeit) und 36 (höchste Lärmempfindlichkeit) abbilden (Summenscore). Die Verteilung der Lärmempfindlichkeit der Probanden des SGS zeigt die Abb. 7.16.

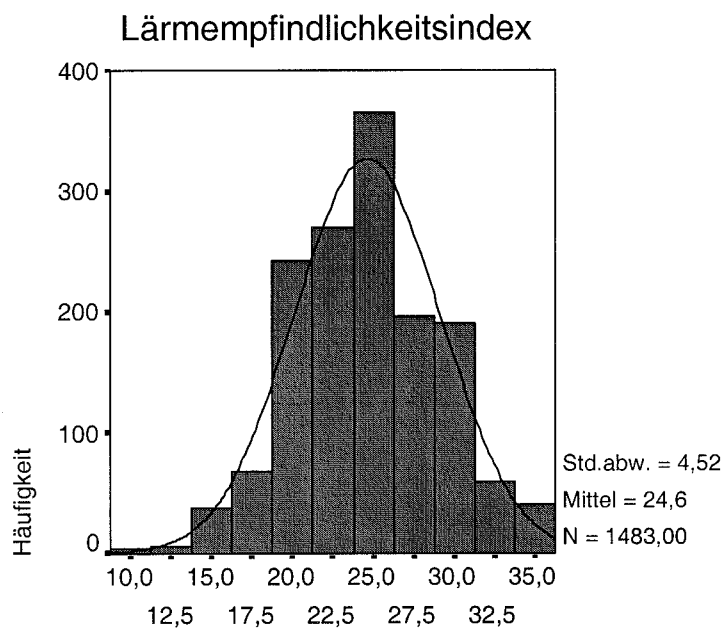


Abb. 7.16 Diskrete Verteilung des Lärmempfindlichkeitsindex

Der Lärmempfindlichkeitsindex im 9. Durchgang des Spandauer Gesundheitssurvey (SGS) kann als annähernd normalverteilt angesehen werden. Sie wurde als kontinuierliche Variable in den statistischen Auswertungen berücksichtigt.

## 8 ANALYSEMETHODIK

Die Überprüfung der statistischen Zusammenhänge zwischen Lärmbelastung und Erkrankungen bzw. Gesundheitsindikatoren muss dem Umstand gerecht werden, dass sowohl für die Erkrankungen als auch für die Risikofaktoren von einer multifaktoriellen Beeinflussung ausgegangen werden muss.

Für eine sinnvolle statistische Analyse sind demzufolge – neben eindimensionalen Verfahren – multiple Verfahren einzusetzen, die sich an dem unterstellten Pathogenese Mechanismus und dem Skaleniveau der erhobenen Variablen orientieren.

In dieser Studie kam die logistische Regression zum Einsatz. Mit dem Verfahren der logistischen Regression wird die Abhängigkeit einer dichotomen Variablen von anderen unabhängigen Variablen (Kontrollvariablen) untersucht, die ein beliebiges Skalenniveau aufweisen können. In der Regel handelt es sich bei den dichotomen Variablen um ein Ereignis, das eintreffen kann oder nicht (z. B. Referenzbereich überschritten oder nicht; Krankheit diagnostiziert oder nicht). Mit Hilfe der logistischen Regression kann ein Schätzer (Odds Ratio) für das relative Risiko, für das Eintreffen des Ereignisses in Abhängigkeit von einem zu untersuchenden Faktor (z. B. Schallbelastung) unter gleichzeitiger Berücksichtigung von anderen Einflussfaktoren, berechnet werden. Das Ergebnis der logistischen Regression ist von den Einflussfaktoren (Kontrollvariablen) abhängig die in der Analyse berücksichtigt werden. Die Modellbildung muss bei der Interpretation der Ergebnisse beachtet werden.

### 8.1 Modellbildung

In die statistischen Analysen der Arbeitsstichprobe „Lärm“ des Spandauer Gesundheits-Survey wurden aus dem vorhandenen Datensatz insgesamt 12 Kontrollvariablen aufgenommen, bei denen von einem möglichen Einfluss auf die zu untersuchenden gesundheitlichen Endpunkte aus dem Bereich Herz/Kreislauf auszugehen war. Es sind dies der „Partnerverlust in der Ehe“, der „Alkoholkonsum“, der „Tabakkonsum“, die „Bewegung im Beruf“, die „Sportliche Aktivität“, das „Lebensalter“, das „Geschlecht“, der „Body Mass Index“, der „Sozio-ökonomische Index“, die „Lärmempfindlichkeit“, „erfragter Hörschaden“ sowie die „Jahreszeit der Untersuchung“ (Kodierung: Winter = 1; Sommer = 0). Weitere bedeutsame Kontrollvariablen wie z. B. genetische Faktoren oder Persönlichkeitsmerkmale wurden im Spandauer Gesundheits-Survey nicht erhoben.

Die Interkorrelationen (Korrelationskoeffizienten) der Kontrollvariablen sind mit ihrem zweiseitigen Signifikanzniveau unter Angabe der Anzahl der berücksichtigten Wertepaare in den Tab. 8.1 und Tab. 8.2 aufgelistet. Signifikante Korrelationen sind grau unterlegt.

Tab. 8.1 Interkorrelation der Kontrollvariablen (Teil a)

		Verlust des Ehepartners dichotom	Alkohol- Genuss dichotom	Tabak- Genuss dichotom	Bewegung im Beruf dichotom	Sportliche Aktivität dichotom	Hör- schaden dichotom
Partnerverlust dichotom	Korrelation	1,000	-,045	,040	-,012	-,066	0,049
	p (2-seitig)	,	,061	,098	,613	,007	,045
	N	1715	1715	1715	1710	1708	1667
Alkoholkonsum dichotom	Korrelation	-,045	1,000	,037	,027	,008	,029
	p (2-seitig)	,061	,	,130	,271	,754	,237
	N	1715	1716	1716	1711	1709	1668
Tabakkonsum dichotom	Korrelation	,040	,037	1,000	,023	-,019	-,054
	p (2-seitig)	,098	,130	,	,348	,431	,026
	N	1715	1716	1716	1711	1709	1668
Bewegung im Beruf dichotom	Korrelation	-,012	,027	,023	1,000	-,008	,038
	p (2-seitig)	,613	,271	,348	,	,741	,126
	N	1710	1711	1711	1711	1704	1663
Sportliche Aktivität dichotom	Korrelation	-,066	,008	-,019	-,008	1,000	-,040
	p (2-seitig)	,007	,754	,431	,741	,	,101
	N	1708	1709	1709	1704	1709	1661
Hörschaden dichotom	Korrelation	0,049	,029	-,054	,038	-,040	1,000
	p (2-seitig)	,045	,237	,026	,126	,101	,
	N	1667	1668	1668	1663	1661	1670
Alter in Jahren	Korrelation	,195	-,014	-,162	,070	-,099	-0,246
	p (2-seitig)	,000	,566	,000	,004	,000	,000
	N	1715	1716	1716	1711	1700	1670
Jahreszeit der Untersuchung	Korrelation	,015	-,017	-,022	-,023	-,002	-0,033
	p (2-seitig)	,536	,472	,373	,336	,932	0,182
	N	1715	1716	1716	1711	1709	1670
Body Mass Index	Korrelation	,009	,033	-,085	,063	-,076	-0,083
	p (2-seitig)	,712	,173	,000	,009	,002	,001
	N	1715	1716	1716	1711	1709	1670
Sozio-ökono- mischer Index	Korrelation	-,042	,147	-,013	,046	,036	0,074
	p (2-seitig)	,097	,000	,607	,067	,152	,004
	N	1586	1587	1587	1587	1580	1547
Lärmempfind- lichkeit	Korrelation	,089	-,018	-,109	-,059	-,039	-,025
	p (2-seitig)	,001	,496	,000	,022	,138	,348
	N	1482	1482	1482	1478	1475	1463



		Verlust des Ehepartners dichotom	Alkohol-Genuss dichotom	Tabak-Genuss dichotom	Bewegung im Beruf dichotom	Sportliche Aktivität dichotom	Hörschaden dichotom
Geschlecht	Korrelation	,193	-,241	-,050	-,147	,033	-,052
	p (2-seitig)	,268	,000	,038	,000	,170	,035
	N	1717	1715	1715	1710	1708	1669

Für die Interkorrelation dichotomer Variablen ist der PHI-Koeffizient angegeben. (vgl. Bortz 1985, S. 276f).

Tab. 8.2 Interkorrelation der Kontrollvariablen (Teil b)

		Alter in Jahren	Jahreszeit der Untersuchung	Body mass index	Sozio-ökonomischer Index	Lärmempfindlichkeit
Verlust des Ehepartners dichotom	Korrelation	0,195	0,015	0,009	-0,042	0,089
	p (2-seitig)	0,000	0,536	0,712	0,097	0,001
	N	1715	1715	1715	1586	1482
Alkoholkonsum dichotom	Korrelation	-0,014	-0,017	0,033	0,147	-0,018
	p (2-seitig)	0,566	0,472	0,173	0,000	0,496
	N	1716	1716	1716	1587	1482
Tabakkonsum dichotom	Korrelation	-0,162	-0,022	-0,085	-0,013	-0,109
	p (2-seitig)	0,000	0,373	0,000	0,607	0,000
	N	1716	1716	1716	1587	1482
Bewegung im Beruf dichotom	Korrelation	0,07	-0,023	0,063	0,046	-0,059
	p (2-seitig)	0,004	0,336	0,009	0,067	0,022
	N	1711	1711	1711	1587	1478
Sportliche Aktivität dichotom	Korrelation	-0,099	-0,002	-0,076	0,036	-0,039
	p (2-seitig)	0,000	0,932	0,002	0,152	0,138
	N	1709	1709	1709	1580	1475
Hörschaden dichotom	Korrelation	-0,246	-0,033	-0,083	0,074	-0,025
	p (2-seitig)	0,000	0,182	0,001	0,004	0,348
	N	1670	1670	1670	1547	1463
Alter in Jahren	Korrelation	1,000	-0,004	0,229	-0,136	0,093
	p (2-seitig)	,	0,861	0,000	0,000	0,000
	N	1718	1718	1718	1588	1483
Jahreszeit der Untersuchung	Korrelation	-0,004	1,000	-0,003	0,035	0,013
	p (2-seitig)	0,861		0,903	0,166	0,607
	N	1718	1718	1718	1588	1483

		Alter in Jahren	Jahreszeit der Untersuchung	Body mass index	Sozio-ökonomischer Index	Lärmempfindlichkeit
Body mass index	Korrelation	0,229	-0,003	1,000	-0,057	-0,051
	p (2-seitig)	0,000	0,903	,	0,023	0,05
	N	1718	1718	1718	1588	1483
sozio-ökonomischer Index	Korrelation	-0,136	0,035	-0,057	1,000	-0,008
	p (2-seitig)	0,000	0,166	0,023	,	0,776
	N	1588	1588	1588	1588	1367
Lärmempfindlichkeitsindex	Korrelation	0,093	0,013	-0,051	-0,008	1,000
	p (2-seitig)	0,000	0,607	0,050	0,776	,
	N	1483	1483	1483	1367	1483
Geschlecht	Korrelation	,011	-,027	,158	,218	-,189
	p (2-seitig)	,660	,268	,000	,000	,000
	N	1669	1717	1717	1588	1482

Für die Interkorrelation dichotomer Variablen ist der PHI-Koeffizient angegeben. (vgl. [Bortz 1985, S. 276f]).

Wie den Tab. 8.1 und Tab. 8.2 entnommen werden kann, bestehen signifikante Interkorrelationen zwischen den Kontrollvariablen. So nahm beispielsweise die Häufigkeit den Ehepartner zu verlieren mit dem Alter statistisch zu, die sportliche Aktivität bei Verlust des Ehepartners dagegen ab (vgl. Tab. 8.1).

Die Bedeutung dieser Interkorrelationen (die Relevanz) kann anhand des Bestimmtheitsmaßes (auch: Determinationskoeffizient) beurteilt werden. Es kennzeichnet den Anteil der gemeinsam erklärten Varianz zweier Variablen. Das Bestimmtheitsmaß kann sehr „handlich“ in Prozent angegeben werden und wird in dieser Form als statistische Redundanz (Red) bezeichnet.

*Anmerkung: Für die Interkorrelation dichotomer Variablen ist der PHI-Koeffizient angegeben. (vgl. [Bortz 1985, S. 276f]). PHI-Koeffizienten können nur unter bestimmten Bedingungen wie herkömmliche Korrelationskoeffizienten (Produkt-Moment-Korrelation) interpretiert werden. Aus ihnen können aber – unter Beachtung der Randverteilungen – Bestimmtheitsmaße (statistische Redundanz) berechnet werden (vgl. Bortz 1985, S. 276f), die im folgenden Text angegeben sind. Die dort genannte statistische Redundanz kann direkt im Sinne gegenseitig erklärter Varianz gelesen werden. Bei Produkt-Moment-Korrelationen ergibt sich das Bestimmtheitsmaß unmittelbar als Quadrat des Korrelationskoeffizienten.*

Die statistische Redundanz der signifikanten Korrelationen der Kontrollvariablen untereinander liegt mehrheitlich unter 1 %, erreicht aber auch Werte bis zu 5 % (z. B. Body Mass Index und Alter).

Die univariaten Zusammenhänge zwischen den zu untersuchenden Expositionsfaktoren (Schallbelastung am Tage; Schallbelastung in der Nacht; Fluglärmmzonen; subjektiv empfundene Lärmbelastung am Tage; subjektiv empfundene Lärmbelastung in der Nacht; erlebte Schlafstörungen) und den Kontrollvariablen werden nachfolgend in den Tab 8.3 und Tab. 8.4 wiedergegeben.

Tab 8.3 Korrelationsmatrix Expositionsfaktoren und Kontrollvariablen (Teil 1)

		Verlust des Ehepartners dichotom	Alkohol- konsum dichotom	Tabak- konsum dichotom	Bewegung im Beruf dichotom	Jahreszeit der Unter- suchung dichotom	Hör- Schaden dichotom
Schallpegelklassen am Tag	Korrelation	-0,047	0,000	-0,069	-0,034	-0,017	0,060
	p (2-seitig)	0,201	0,992	0,61	0,360	0,652	0,113
	N	731	731	731	729	731	708
Schallpegelklassen in der Nacht	Korrelation	0,027	0,012	0,046	0,031	0,009	0,019
	p (2-seitig)	0,46	0,749	0,212	0,397	0,809	0,618
	N	730	730	730	728	730	707
Fluglärmmzonen	Korrelation	-0,045	0,049	0,009	-0,041	0,003	0,029
	p (2-seitig)	0,063	0,045	0,711	0,092	0,900	0,240
	N	1688	1689	1689	1684	1691	1644
Lärmbelastung am Tag	Korrelation	-0,056	-0,04	-0,011	0,055	-0,008	-0,011
	p (2-seitig)	0,153	0,3	0,769	0,156	0,836	0,773
	N	662	662	662	660	664	649
Lärmbelastung in der Nacht	Korrelation	-0,05	-0,034	-0,034	0,049	-0,036	0,009
	p (2-seitig)	0,271	0,456	0,462	0,287	0,436	0,844
	N	483	483	483	482	485	475
Schlafstörungen dichotom	Korrelation	,057	-0,024	-0,016	-0,032	0,027	0,069
	p (2-seitig)	0,018	0,313	0,504	0,187	0,272	0,005
	N	1715	1715	1715	1710	1715	1667

Für die Korrelation zweier dichotomer Variablen ist der PHI-Koeffizient angegeben (vgl. [Bortz 1985, S. 276f]).

Tab. 8.4 Korrelationsmatrix Expositionsfaktoren und Kontrollvariablen (Teil 2)

		Sportliche Aktivität (dichotom)	Alter in Jahren	Body Mass Index	Sozio- ökonomisch er Index	Lärm- empfind- lichkeit	Geschlecht
Schallpegelklassen am Tag	Korrelation	0,004	-0,086	-0,075	0,053	-0,01	0,01
	p (2-seitig)	0,907	0,02	0,042	0,171	0,81	0,791
	N	727	729	729	670	621	728
Schallpegelklassen in der Nacht	Korrelation	-0,004	-0,032	-0,026	0,066	0,019	-0,024
	p (2-seitig)	0,907	0,386	0,485	0,087	0,63	0,522
	N	728	730	730	671	622	729
Fluglärmmzonen	Korrelation	0,005	-0,03	-0,011	0,109	0,009	-0,019
	p (2-seitig)	0,844	0,212	0,642	0,000	0,731	0,433
	N	1682	1691	1691	1563	1460	1690
Lärmbelastung am Tag	Korrelation	-0,015	-0,065	0,046	-,122	0,285	-0,007
	p (2-seitig)	0,709	0,096	0,233	0,003	0,000	0,777
	N	659	664	664	610	569	663
Lärmbelastung in der Nacht	Korrelation	0,013	-0,057	0,041	-0,132	0,358	0,011
	p (2-seitig)	0,78	0,21	0,373	0,005	0,000	0,609
	N	479	485	485	443	405	484

		Sportliche Aktivität (dichotom)	Alter in Jahren	Body Mass Index	Sozio- ökonomisch er Index	Lärm- empfind- lichkeit	Geschlecht
Schlafstörungen (dichotom)	Korrelation	-0,060	-0,101	-0,003	-0,041	0,248	-0,016
	p (2-seitig)	0,013	0,000	0,900	0,100	0,000	0,507
	N	1708	1715	1715	1586	1482	1714

Für die Korrelation zweier dichotomer Variablen ist der PHI-Koeffizient angegeben.

Unter Beachtung des Skalenniveaus der Variablen bestanden im SGS die folgenden univariaten Zusammenhänge zwischen den untersuchten Expositionsfaktoren und jeweils einer der Kontrollvariablen. Die Stärke des jeweiligen Zusammenhanges ist in Klammern als statistische Redundanz angegeben:

- Ein Partnerverlust trat statistisch häufiger auf bei einer höheren Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tage (Red 0,6 %)
- Regelmäßiger Tabakkonsum trat statistisch häufiger auf bei einer höheren Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tage (Red 0,9 %)
- Ein hoher Body Mass Index trat statistisch häufiger auf bei einer höheren Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tage (Red 0,6 %)
- Ein geringes Lebensalter war statistisch häufiger bei einer höheren Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tage (Red 0,7 %)
- Regelmäßiger Alkoholkonsum trat statistisch häufiger auf bei einer höheren Schallbelastung durch Flugverkehr (Fluglärmmzonen) (Red 0,2 %)
- Ein niedriger sozio-ökonomischer Index war statistisch häufiger bei einer höheren Schallbelastung durch Flugverkehr (Red 1,2 %)
- Ein niedriger sozio-ökonomischer Index war statistisch häufiger bei Personen die eine höhere subjektive Lärmbelastung durch Straßenverkehr am Tage angaben (Red 1,5 %)
- Eine hohe Lärmempfindlichkeit war statistisch häufiger bei Personen die eine höhere subjektive Lärmbelastung durch Straßenverkehr am Tage angaben (Red 8 %)
- Ein niedriger Sozio-ökonomischer Index war statistisch häufiger bei Personen die eine höhere subjektive Lärmbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht angaben (Red 1,7 %)
- Eine hohe Lärmempfindlichkeit war statistisch häufiger bei Personen die eine höhere subjektive Lärmbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht angaben (Red 12,8 %)
- Schlafstörungen wurden häufiger bei einem Verlust des Ehepartners angegeben (Red 2,3 %)
- Schlafstörungen wurden häufiger bei geringer sportlicher Aktivität angegeben (1,1 %)

- Schlafstörungen wurden häufiger von älteren Personen angegeben (1,0 %)
- Schlafstörungen wurden häufiger von Personen angegeben, die angaben, einen Hörschaden zu haben (4,6 %)
- Schlafstörungen wurden häufiger von Personen angegeben, die eine hohe Lärmempfindlichkeit aufwiesen (6,2 %)

Die gegenseitige Varianzerklärung zwischen Expositionsfaktoren und Kontrollvariablen liegt bei eindimensionaler (univariater) Betrachtungsweise in der Arbeitsstichprobe des SGS vielfach um 1 %, erreicht aber auch Werte über 10 % (z. B. subjektive Lärmbelastung in der Nacht und Lärmempfindlichkeit). An den Interkorrelationen zwischen Expositionsfaktoren und Kontrollvariablen wird deutlich - unabhängig davon, ob sie ursächlich oder verteilungsbedingt sind -, dass die interessierenden Zusammenhänge zwischen den Expositionsfaktoren und den betrachteten gesundheitlichen Endpunkten im Hinblick auf mögliche konfundierende (Ergebnis-verzerrende) Einflüsse durch diese Variablen adjustiert werden müssen.

Aufgrund der komplexen Datenstruktur wurde für die multiplen statistischen Zusammenhangsanalysen die Methode des schrittweisen Ausschlusses von Variablen gewählt. Begonnen wird bei diesem Verfahren mit einem Analysemodell das die untersuchten Faktoren und alle Kontrollvariablen enthält (vollständiges Modell). Nun werden schrittweise solche Variablen aus dem Modell entfernt, die ein vorgegebenes Signifikanzkriterium („ $\alpha$ “) nicht erfüllen. Das Verfahren ist beendet, wenn nur noch Variablen im Modell enthalten sind, die das vorgegebene Signifikanzniveau erfüllen (reduziertes Modell). Bei den Zusammenhangsanalysen wurde mit einem Einschlussniveau von  $\alpha = 0,1$  gerechnet (Irrtumswahrscheinlichkeit für das fälschliche Ablehnen der Nullhypothese, dass kein entsprechender Zusammenhang besteht  $\leq 10\%$ ).

In einigen Fällen wurden auf der Grundlage von gewichteten Kategorienmittelwerten lineare Trendberechnungen für den Zusammenhang zwischen den gesundheitlichen Endpunkten und den Lärm-Expositionsvariablen angestellt. Für zusammengesetzte Randgruppen der Expositionsverteilungen (z. B.  $<50$  dB(A),  $>55$  dB(A)) wurden dabei um 5 dB(A) niedrigere bzw. höhere Kategorienmittelwerte angesetzt als für die benachbarten exakt definierten Kategorien von 5 dB(A)-Breite. Eine statistische Signifikanzprüfung für die berechneten Trends erfolgte nicht. Darüber hinaus werden bei den Ergebnisbesprechungen visuell-qualitative Betrachtungen über das Vorliegen mögliche Dosis-Wirkungs-Beziehungen angestellt. Dabei wird beurteilt, ob mit zunehmender Lärmbelastung monoton ansteigende Schätzer für das relative Risiko vorliegen.



## 9 ANALYSEN

Im Spandauer Gesundheits-Survey erhielten die Probanden nach jedem Durchgang die Ergebnisse der ärztlichen Untersuchungen, die Ergebnisse der Laboruntersuchungen sowie einen zusammenfassenden ärztlichen Befund mit den folgenden Kategorien.

- Bei Ihnen haben sich keine Anhaltspunkte ergeben, die ärztliche Untersuchungen erforderlich machen.
- Außer den Ihnen bereits bekannten Beeinträchtigungen Ihres Gesundheitszustandes haben sich keine neuen Befunde ergeben.
- Obwohl ihr Gesundheitszustand gegenwärtig nicht beeinträchtigt ist, sollten Sie bei Ihrem nächsten Arztbesuch die Befunde vorlegen.
- Sie sollten zur weiteren Abklärung der Untersuchungsergebnisse bald Ihren Hausarzt oder einen anderen Arzt aufsuchen.

Der Spandauer Gesundheits-Survey kann demzufolge als eine medizinisch begleitete Untersuchung bezeichnet werden.

Die Häufigkeit für das Überschreiten eines Referenzwertes für einen gemessenen vegetativen oder biochemischen Parameter ist in dem medizinisch begleiteten Kollektiv ein wenig geeigneter Indikator Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu überprüfen. Wird zum Beispiel durch Lebensumstellung, Therapie oder durch Medikamente eine Referenzwertüberschreitung bei solchen Probanden kompensiert bzw. gemindert, bei denen bereits eine Diagnose erfolgte (Survey-Befund), so ist bei einer erneuten Messung (9. Durchgang) keine Dosis-Wirkungs-Beziehung mehr zu erkennen.

Gleichzeitig ist aber zu erwarten, dass in diesem Kollektiv die Anzahl der Personen, die eine Gesundheitsbeeinträchtigung zu kompensieren suchen, dort ansteigt, wo die „Ursache“ stärker ausgeprägt ist. Da die Teilnehmer des Spandauer Gesundheits-Surveys durch den zusammenfassenden Untersuchungsbefund aufgefordert wurden, ärztlichen Rat einzuholen bzw. eine Behandlung zu beginnen, sofern eine Beeinträchtigung des Gesundheitszustandes nicht auszuschließen war, ist davon auszugehen, dass die Häufigkeit von ärztlichen Behandlungen mit der „Ursache“ (dem zu untersuchenden Expositionsfaktor) kovariiert. Unter der Berücksichtigung dass die betrachteten Gesundheitsbeeinträchtigungen i. a. langfristige Behandlungen erfordern, kann daher im Spandauer Gesundheits-Survey die Prävalenz von ärztlichen Behandlungen im 9. Survey-Durchgang (Perioden-Prävalenz) bzw. die Prävalenz im Laufe des Lebens (Lebenszeit-Prävalenz) als geeignete Indikatoren für die Suche nach Ursache-Wirkungs-Beziehungen angesehen werden.

Die Beanspruchung des Organismus durch Schall ist nicht zu allen Tageszeiten gleich (vgl. Kapitel Schlaf und Chronobiologie). Soll die Auswirkung von Schall bzw. Lärm auf die

Gesundheit analysiert werden, so ist es lärmmedizinisch notwendig, zwischen der Lärmbelastung am Tag und der Lärmbelastung in der Nacht zu unterscheiden. Die Geräuschbelastung in der Nacht wurde in drei Pegelklassen unterteilt (unter 50 dB(A); 50-55 dB(A); über 55 dB(A)) und die Geräuschbelastung am Tag in vier Pegelklassen (unter 55 dB(A); 55-60 dB(A); >60-65 dB(A); über 65 dB(A)). Die subjektiv empfundene Störung durch Lärm am Tag sowie die subjektiv empfundene Störung durch Lärm in der Nacht ging jeweils als alternative Variable (starke Störung vs. geringe Störung) in die Auswertung ein (vgl. Kap. 7.4.1).

## 9.1 Herz-Kreislaufsystem

Unter dem Begriff Herz-Kreislaufsystem wurde die Prävalenz ärztlicher Behandlungen von Bluthochdruck, Angina pectoris, Herzinfarkt und Migräne im 9. Durchgang des SGS ausgewertet (Perioden-Prävalenz). Zusätzlich wurde die Prävalenz ärztlicher Behandlung im Laufe des Lebens (Lebenszeit-Prävalenz) analysiert.

### 9.1.1 Bluthochdruck

Mit der Frage, „Waren Sie seit der letzten Untersuchung (seit 2 Jahren) wegen Bluthochdruck (Hypertonie) in ärztlicher Behandlung“ wurde die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit von der objektiven Schallbelastung durch Straßenverkehr (Schallpegel nach Lärmkarte), den Fluglärmmzonen sowie der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm (Lärmfragebogen) analysiert. Mit Hilfe der logistischen Regression wurden Odds-Ratios (OR) berechnet. In die Regressionsmodelle wurden 12 Kontrollvariablen (vgl. Kapitel 8.1) aufgenommen.

#### Tagesbelastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.1 zusammengefasst.

Tab. 9.1 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

78,6 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,047	0,007	1	0,000	1,048	1,033	1,063
Body Mass Index	0,127	0,019	1	0,000	1,135	1,094	1,178
Lärmempfindlich- keit	0,029	0,015	1	0,051	1,029	1,000	1,060



Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag, sondern wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Body Mass Index“ beeinflusst.

Im vollständigen Modell (alle Variablen unabhängig von ihrer Signifikanz im Modell belassen) ergab sich für die Odds-Ratios der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag das folgende Bild (Abb. 9.1).

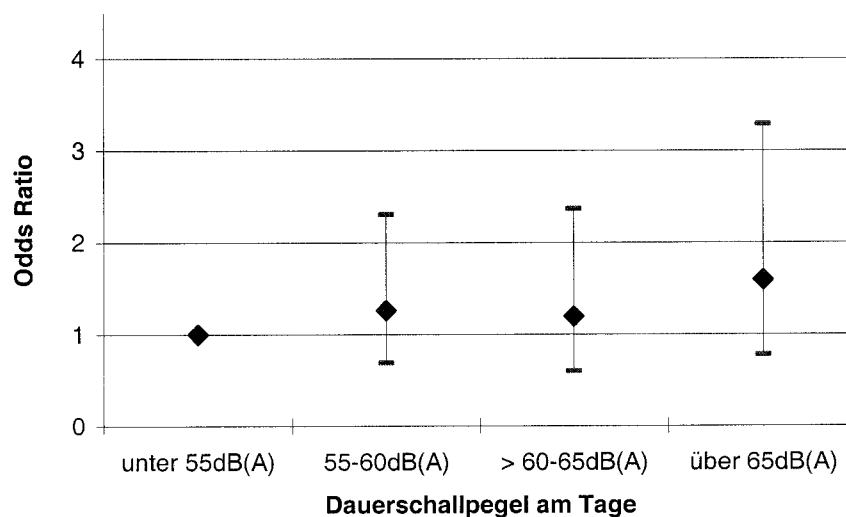


Abb. 9.1 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (Gesamtstichprobe)

In der Gesamtstichprobe war eine auffällige Erhöhung des relativen Risikos für Personen zu verzeichnen, die an ihrem Wohnort Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 65 dB(A) oder mehr ausgesetzt waren (OR = 1,6). Die adjustierten Odds-Ratios lassen insgesamt eine Dosis-Wirkungs-Beziehung im untersuchten Pegelbereich erkennen. Es war ein linearer Anstieg der Odds-Ratios von etwa 3 % pro dB(A) zu verzeichnen.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), bestätigte sich das Vorliegen einer Dosis-Wirkungs-Beziehung (vgl. Abb. 9.2). Für Personen die an ihrem Wohnort Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 65 dB(A) oder mehr ausgesetzt waren, war auch hier eine auffällige Risikozunahme zu verzeichnen (OR = 1,7). In der Teilstichprobe ergab sich ein linearer Anstieg der Odds-Ratios von etwa 5 % pro dB(A).

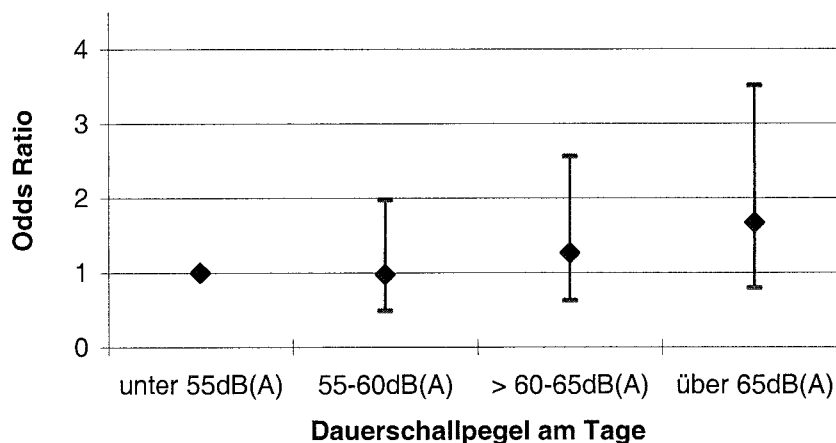


Abb. 9.2 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen)

### Nächtliche Belastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.2 sowie in Abb. 9.3 zusammengefasst.

Tab. 9.2 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

78,6 % einbezogen	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Unter 50 dB(A)					1,000		
50-55 dB(A)	0,520	0,223	1	0,021	1,659	1,073	2,563
Über 55 dB(A)	0,633	0,275	1	0,019	1,883	1,101	3,219
Alter	0,047	0,007	1	0,000	1,048	1,033	1,063
Body Mass Index	0,127	0,019	1	0,000	1,136	1,095	1,179
Lärmempfindlich- keit	0,028	0,015	1	0,057	1,029	0,999	1,059

Die ärztliche Behandlung von Bluthochdruck zeigte einen signifikanten Zusammenhang mit dem äquivalenten Dauerschallpegel in der Nacht durch Straßenverkehr. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“, und „Body Mass Index“ beeinflusst.

In der grafischen Darstellung ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.3).

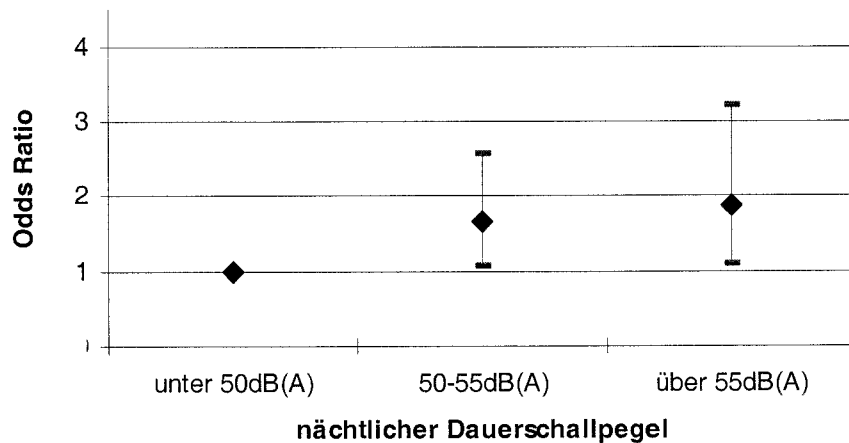


Abb. 9.3 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe)

In der Pegelklasse 50-55 dB(A) war das geschätzte Risiko, wegen Bluthochdruck ärztlich behandelt zu werden, signifikant um über 60 % (OR = 1,6) gegenüber der Kontrollgruppe (unter 50 dB(A)) erhöht ( $p = 0,021$ ). In der Pegelklasse über 55 dB(A) war das geschätzte Risiko signifikant um nahezu 90 % (OR = 1,9) erhöht ( $p = 0,019$ ). Die adjustierten Odds-Ratios zeigen eine klare Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs. Es war ein linearer Anstieg der Odds-Ratios von etwa 9 % pro dB(A) zu verzeichnen.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.4). In der Pegelklasse über 55 dB(A) war das geschätzte Risiko, wegen Bluthochdruck ärztlich behandelt zu werden, signifikant um nahezu 90 % gegenüber der Kontrollgruppe (unter 50 dB(A)) erhöht ( $p = 0,016$ ). Als linearer Trend ergab sich ein Anstieg der Odds-Ratios von etwa 9 % pro dB(A).

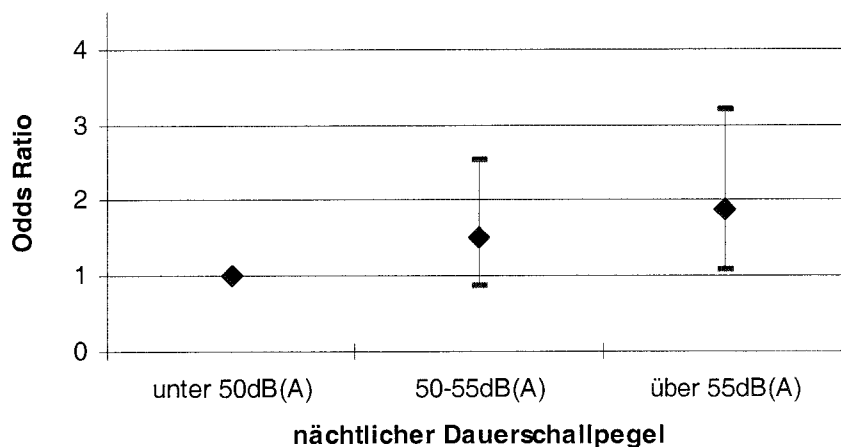


Abb. 9.4 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen)

Bei den vorangegangenen Analysen wurden auch Probanden berücksichtigt, die in den letzten 2 Jahren umgezogen waren. Wurden diese Probanden aus der Analyse herausgenommen, so ergab sich ein ähnliches Bild (Tab. 9.3).

Tab. 9.3 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (nicht umgezogen)

63,7 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Unter 50 dB(A)					1,000		
50-55 dB(A)	0,461	0,237	1	0,051	1,592	0,999	2,537
Über 55 dB(A)	0,662	0,290	1	0,025	1,921	1,085	3,403
Alter	0,044	0,008	1	0,000	1,045	1,029	1,062
Body Mass Index	0,135	0,021	1	0,000	1,144	1,099	1,192
Lärmempfindlich- keit	0,032	0,016	1	0,054	1,032	0,999	1,066

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck zeigte für Personen, die in den letzten 2 Jahren nicht umgezogen waren, einen signifikanten Zusammenhang mit dem äquivalenten Dauerschallpegel in der Nacht durch Straßenverkehr. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Body Mass Index“ beeinflusst.

In der grafischen Darstellung ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.5).

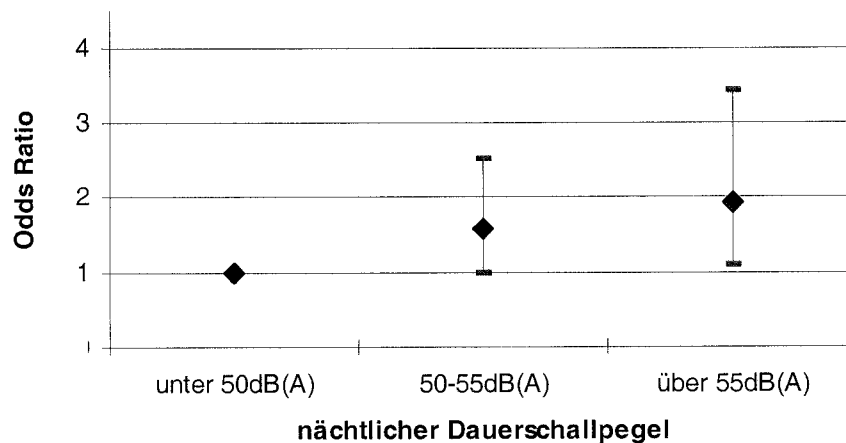


Abb. 9.5 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (alle Probanden die seit dem letzten Untersuchungsdurchgang (2 Jahre) nicht umgezogen waren)

In der Pegelklasse 50-55 dB(A) war das geschätzte Risiko, wegen Bluthochdruck ärztlich behandelt zu werden, wiederum um nahezu 60 % ( $OR = 1,6$ ) gegenüber der Vergleichsgruppe (unter 50 dB(A)) erhöht ( $p = 0,051$ ). In der Pegelklasse über 55 dB(A) war das Risiko signifikant um mehr als 90 % ( $OR = 1,9$ ) erhöht ( $p = 0,025$ ). Die Annahme einer Dosis-Wirkungs-Beziehung wird in der Teilstichprobe bestätigt. Es war hier ein linearer Anstieg der Odds-Ratios von 9 % pro dB(A) zu verzeichnen.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.6). In der Pegelklasse über 55 dB(A) war das geschätzte Risiko, wegen Bluthochdruck ärztlich behandelt zu werden, um mehr als 100 % gegenüber der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) erhöht ( $p = 0,020$ ). Das Vorliegen einer Dosis-Wirkungs-Beziehung wird auch in diesem Teilkollektiv bestätigt. Es ergab sich ein linearer Anstieg der Odds-Ratios von etwa 10 % pro dB(A).

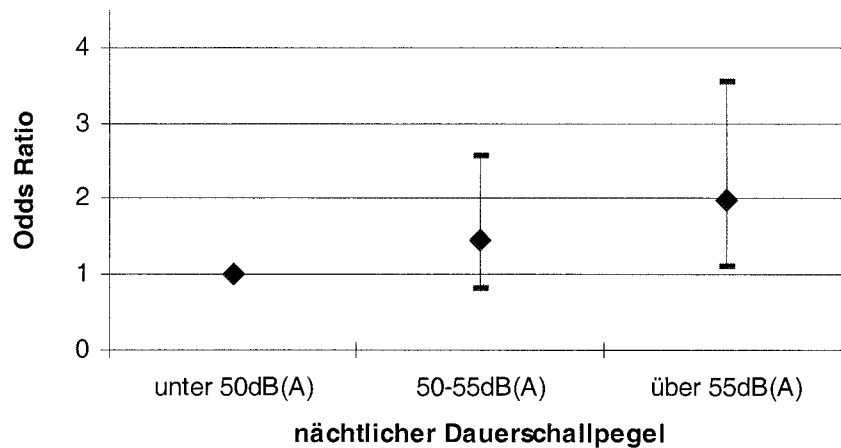


Abb. 9.6 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit von Bluthochdruckbehandlungen vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Probanden die seit dem letzten Untersuchungsdurchgang (2 Jahre) nicht umgezogen waren und an einer verkehrsgezählten Straße wohnten)

Bei den vorangegangenen Analysen wurde das Fensteröffnungsverhalten der Probanden nicht beachtet. Die Stellung der Schlafzimmerfenster ist aber ein wichtiger Moderator für die nächtliche Schallbelastung am Ohr des Schläfers (vgl. Kap. 4.4.2). Wurden nur solche Probanden in das logistische Regressionsmodell aufgenommen, die bei der Befragung (Lärmfragebogen) angaben, überwiegend bei offenem Fenster zu schlafen, so nahmen die Odds-Ratios deutlich – in Richtung der Arbeitshypothesen – zu (vgl. Tab. 9.4).

Tab. 9.4 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (offenes Schlafzimmerfenster)

16,2 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Unter 50 dB(A)					1,000		
50-55 dB(A)	1,510	0,762	1	0,048	4,526	1,016	20,154
Über 55 dB(A)	1,812	0,797	1	0,023	6,125	1,284	29,225
Alter	0,039	0,015	1	0,010	1,039	1,009	1,071
Body Mass Index	0,091	0,038	1	0,016	1,096	1,017	1,180

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck zeigte für Personen, die überwiegend bei geöffnetem Fenster schliefen, einen signifikanten Zusammenhang mit dem äquivalenten Dauerschallpegel in der Nacht durch Straßenverkehr. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Body Mass Index“ beeinflusst.

In der grafischen Darstellung ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.7):

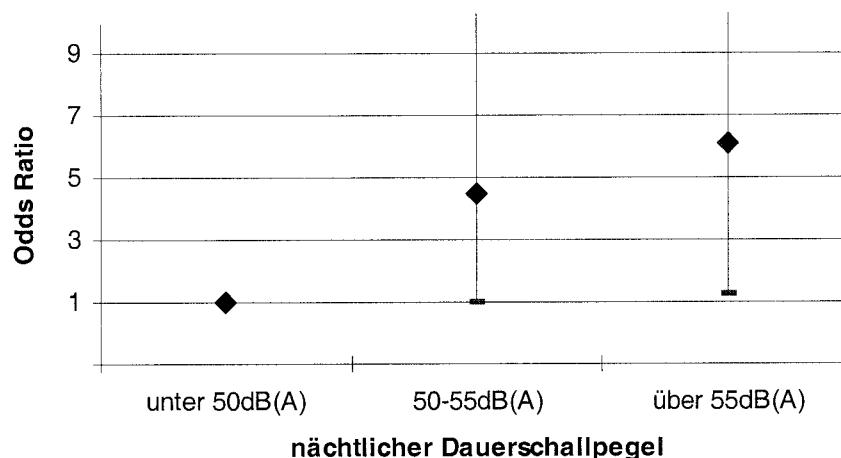


Abb. 9.7 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Probanden, die angaben, überwiegend mit geöffnetem Fenster zu schlafen)

In der Pegelklasse 50- 55 dB(A) war das geschätzte Risiko, Bluthochdruck ärztlich behandelt zu werden, um mehr als 350 % gegenüber der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) erhöht ( $p = 0,048$ ). In der Pegelklasse über 55 dB(A) war das geschätzte Risiko um mehr als 500 % ( $OR = 6,2$ ) erhöht ( $p = 0,023$ ). Die Analyse zeigte für Personen, die überwiegend mit geöffnetem Fenster schliefen, eine eindeutige Dosis-Wirkungsbeziehung. Es war ein linearer Anstieg der Odds-Ratios von 46 % pro dB(A) zu verzeichnen.

Werden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.8). In der Pegelklasse über 55 dB(A) war das geschätzte Risiko, wegen Bluthochdruck ärztlich behandelt zu werden, um 600 % ( $OR = 7,0$ ) gegenüber der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) erhöht ( $p = 0,022$ ). In der Teilstichprobe war für die Odds-Ratios ein linearer Anstieg von 60 % pro dB(A) zu verzeichnen.

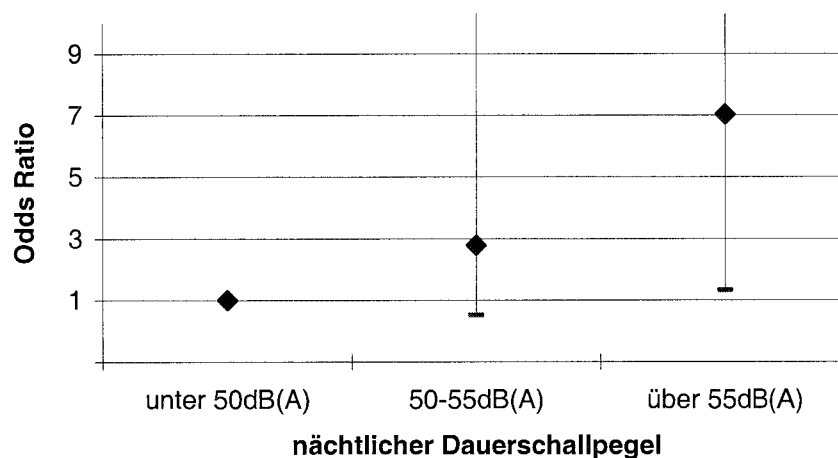


Abb. 9.8 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Probanden, die an einer verkehrsgezählten Straße wohnten und angaben, mit geöffnetem Fenster zu schlafen)

### Fluglärmmzonen

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.5 zusammengefasst.

Tab. 9.5 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

76,5 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,046	0,007	1	0,000	1,047	1,033	1,063
Body Mass Index	0,126	0,019	1	0,000	1,134	1,093	1,177
Lärmempfindlich- keitsindex	0,028	0,015	1	0,056	1,029	0,999	1,059

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit den Fluglärmmzonen. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Body Mass Index“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Fluglärmmzonen im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.9).



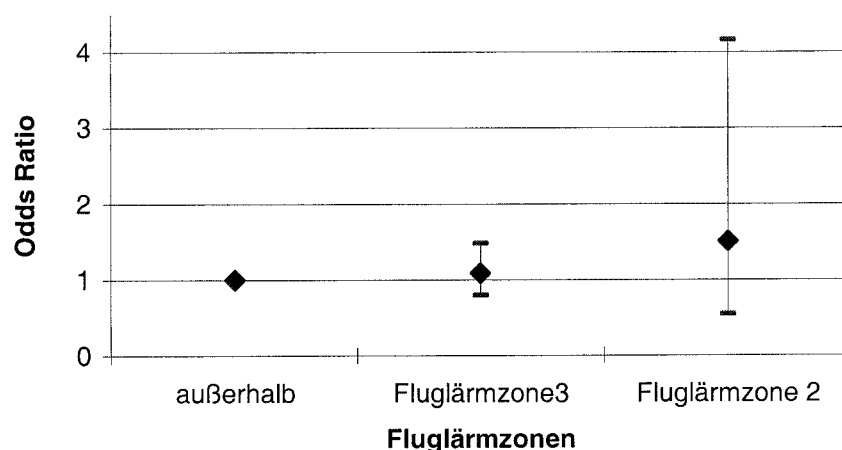


Abb. 9.9 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe)

In der Stichprobe war eine nicht-signifikante Erhöhung des geschätzten relativen Risikos für Personen zu verzeichnen, die in der Fluglärmmzone 2 wohnten ( $OR = 1,5$ ). Die adjustierten Odds-Ratios ließen nur eine sehr schwache Dosis-Wirkungs-Beziehung in Abhängigkeit von Fluglärmmzonen erkennen.

### Subjektive Störung durch Lärm am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.6 zusammengefasst.

Tab. 9.6 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

68,9 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,047	0,008	1	0,000	1,048	1,032	1,064
Body Mass Index	0,133	0,020	1	0,000	1,142	1,098	1,188

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm am Tag, sondern wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Body Mass Index“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektiv empfundene Störung durch Lärm am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.10).

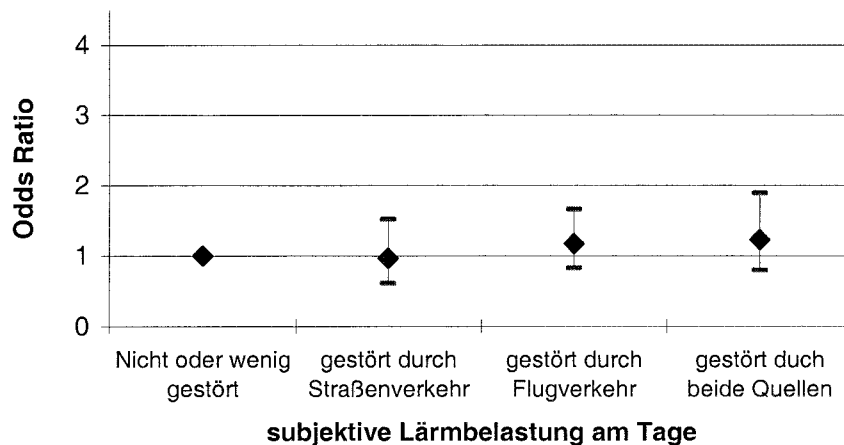


Abb. 9.10 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios lassen nicht erkennen, dass das Risiko für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck für Personen beachtenswert erhöht ist, die sich am Tag durch Fluglärm (OR = 1,2), durch Straßenverkehrslärm (OR = 1,0) oder durch beide Quellen (OR = 1,2) stark gestört fühlten.

### Subjektive Störung durch Lärm in der Nacht

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.7 zusammengefasst.

Tab. 9.7 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

70,1 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,048	0,008	1	0,000	1,049	1,033	1,066
Body Mass Index	0,135	0,020	1	0,000	1,145	1,100	1,191
Lärmempfindlich- keitsindex	0,029	0,016	1	0,066	1,029	0,998	1,061

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Body Mass Index“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektiv empfundene Störung durch Lärm in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.11).

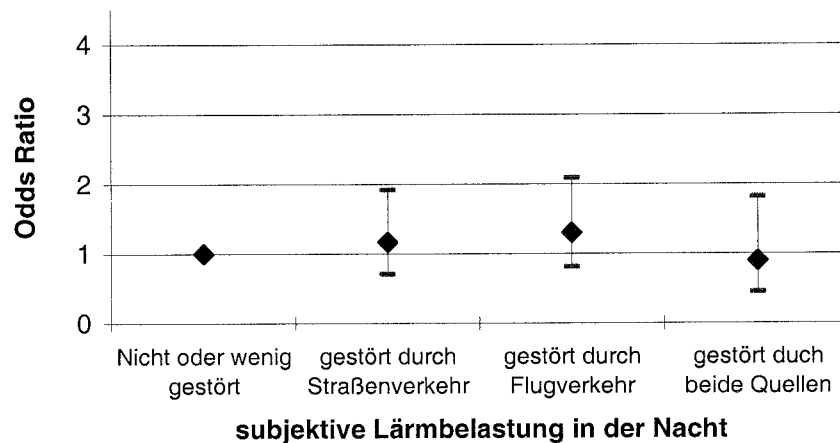


Abb. 9.11 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios lassen nicht erkennen, dass das Risiko für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Personengruppen beachtenswert erhöht ist, die sich in der Nacht durch Fluglärm (OR = 1,3), durch Straßenverkehrslärm (OR = 1,2) oder durch beide Quellen (OR = 0,9) gestört fühlten.

### Lebenszeit-Prävalenz: Bluthochdruckbehandlungen

Mit der Frage „Hat ein Arzt bei Ihnen jemals einen Bluthochdruck, Hypertonie festgestellt“ wurde die Lebenszeit-Prävalenz von Bluthochdruck in Abhängigkeit von der objektiven Schallbelastung durch Straßenverkehr (Schallpegel nach Lärmkarte), den Fluglärmmzonen sowie der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm analysiert. Mit Hilfe der logistischen Regression wurden Odds-Ratios (OR). In die Regressionsmodelle wurden 12 Kontrollvariablen (vgl. Kapitel 8.1) aufgenommen.

#### Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz von Bluthochdruck in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.8 zusammengefasst.

Tab. 9.8 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

78,6 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,034	0,007	1	0,000	1,034	1,021	1,048
Body Mass Index	0,128	0,018	1	0,000	1,137	1,097	1,177
Lärmempfindlich- keitsindex	0,028	0,014	1	0,042	1,028	1,001	1,056
Bewegung im Beruf	0,242	0,123	1	0,050	1,273	1,000	1,622

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Body Mass Index“, „Lärmempfindlichkeit“ und „Bewegung im Beruf“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung durch Straßenverkehr im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.12).

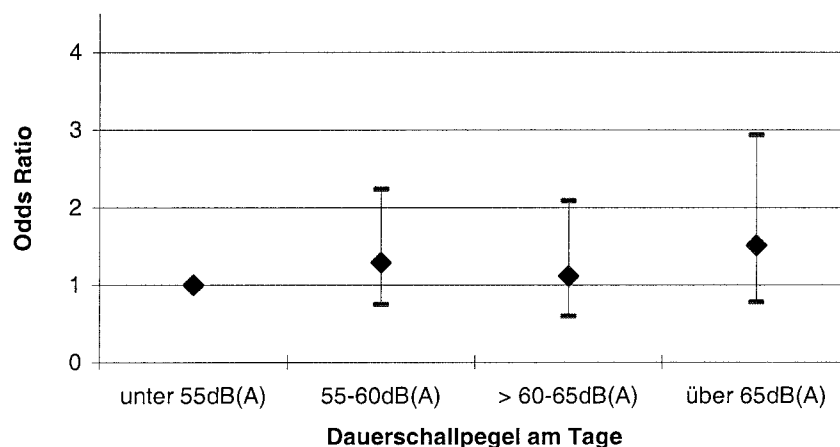


Abb. 9.12 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (Gesamtstichprobe)

In der Gesamtstichprobe war eine deutliche Erhöhung des geschätzten relativen Risikos für eine ärztliche Behandlung aufgrund von Bluthochdruck nur für Personen zu verzeichnen, die an ihrem Wohnort Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 65 dB(A) oder mehr ausgesetzt waren (OR = 1,5). Die adjustierten Odds-Ratios ließen keine ausgeprägte Dosis-Wirkungs-Beziehung im untersuchten Pegelbereich erkennen. Für die Odds-Ratios ließ sich dennoch ein linearer Anstieg von 2 % pro dB(A) berechnen.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.13). In dem Teilkollektiv war eine deutliche Erhöhung des geschätzten relativen Risikos für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck nur für Personen zu verzeichnen, die an ihrem Wohnort Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 65 dB(A) oder mehr ausgesetzt waren (OR = 1,6). Es ergab sich ein linearer Trend für den Anstieg der Odds-Ratios pro Pegelkategorie von 4 % pro dB(A).

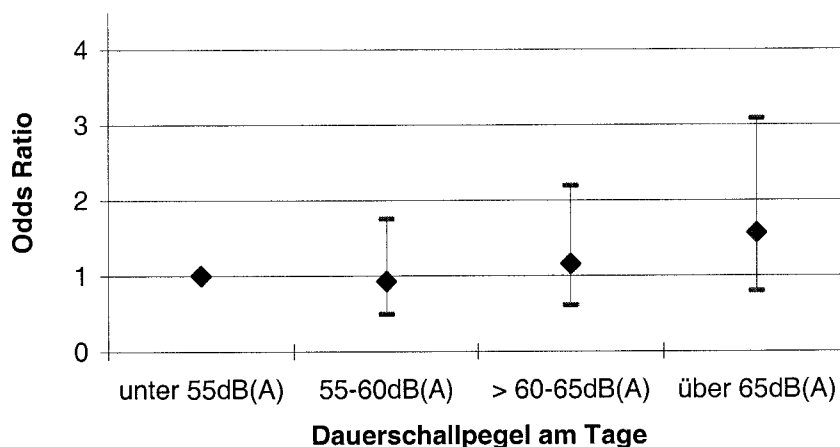


Abb. 9.13 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen)

### Nächtliche Schallbelastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz von Bluthochdruck in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.9 zusammengefasst.

Tab. 9.9 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

77,7 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Unter 50 dB(A)					1,000		
50-55 dB(A)	0,547	0,200	1	0,006	1,728	1,167	2,558
Über 55 dB(A)	0,569	0,250	1	0,024	1,791	1,079	2,891
Alter	0,034	0,007	1	0,000	1,034	1,021	1,048
Body Mass Index	0,129	0,018	1	0,000	1,137	1,098	1,178
Lärmempfindlich- keitsindex	0,027	0,014	1	0,046	1,028	1,001	1,056
Bewegung im Beruf	0,234	0,124	1	0,059	1,264	0,991	1,611

Die ärztliche Behandlung von Bluthochdruck zeigte einen signifikanten Zusammenhang mit dem äquivalenten Dauerschallpegel in der Nacht durch Straßenverkehr. Sie wurde signifikant auch durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Body Mass Index“, und „Lärmempfindlichkeit“ beeinflusst.

In der grafischen Darstellung ergab sich das folgende Bild (vgl. Abb. 9.14).

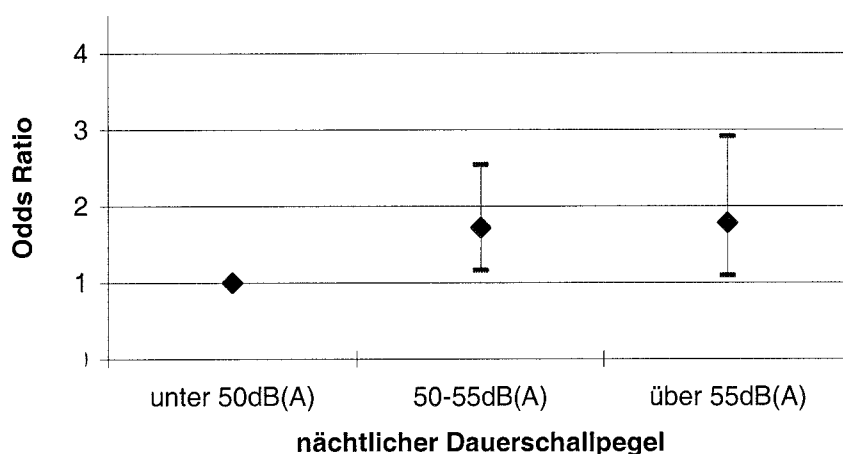


Abb. 9.14 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe)

In der Pegelklasse 50-55 dB(A) war das geschätzte Risiko, im Laufe des Lebens aufgrund von Bluthochdruck ärztlich behandelt zu werden, signifikant um mehr als 70 % gegenüber der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) erhöht ( $p = 0,006$ ). In der Pegelklasse über 55 dB(A) war das geschätzte Risiko, im Laufe des Lebens aufgrund von Bluthochdruck ärztlich behandelt zu werden, um etwa 80 % erhöht ( $p = 0,024$ ). Die adjustierten Odds-Ratios zeigen eine klare

Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs. Es war ein linearer Anstieg von 8 % pro dB(A) zu verzeichnen.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Risiken (vgl. Abb. 9.15). In der Pegelklasse über 55 dB(A) war das geschätzte Risiko, im Laufe seines Lebens aufgrund von Bluthochdruck ärztlich behandelt zu werden, signifikant um annähernd 80 % gegenüber der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) erhöht (OR = 1,8;  $p = 0,023$ ). In der Teilstichprobe war für die Odds-Ratios ein linearer Anstieg von 7 % pro dB(A) zu verzeichnen.

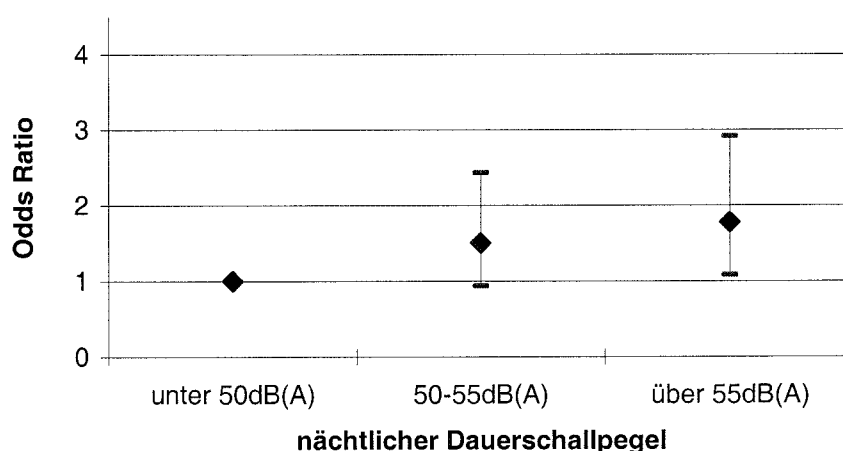


Abb. 9.15 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen)

### Fluglärmmzonen

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.10 zusammengefasst.

Tab. 9.10 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

76,5 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,034	0,007	1	0,000	1,034	1,021	1,048
Body Mass Index	0,126	0,018	1	0,000	1,135	1,095	1,175
Lärmempfindlich- keitsindex	0,027	0,014	1	0,052	1,027	1,000	1,055
Bewegung im Beruf	0,240	0,124	1	0,054	1,271	0,996	1,622

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit den Fluglärmmzonen. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Body Mass Index“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Fluglärmmzonen im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.16).

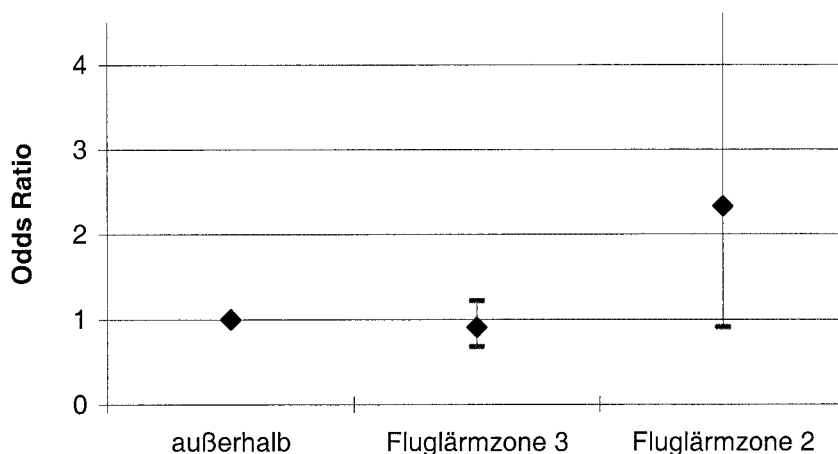


Abb. 9.16 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe)

In der Stichprobe war das geschätzte Risiko für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck für Personen deutlich erhöht, die in der Fluglärmmzone 2 wohnten ( $OR = 2,3$ ;  $p = 0,079$ ). Die adjustierten Odds-Ratios ließen aber keine Dosis-Wirkungs-Beziehung in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen erkennen.

### Subjektive Störung durch Lärm am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz von Bluthochdruck in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.11 zusammengefasst.

Tab. 9.11 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

68,9 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,036	0,007	1	0,000	1,037	1,023	1,041
Body Mass Index	0,134	0,019	1	0,000	1,143	1,101	1,187



Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlungen von Bluthochdruck zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm am Tag. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Body Mass Index“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektiv empfundene Störung durch Lärm am Tag (Lebenszeit-Prävalenz) im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.17).

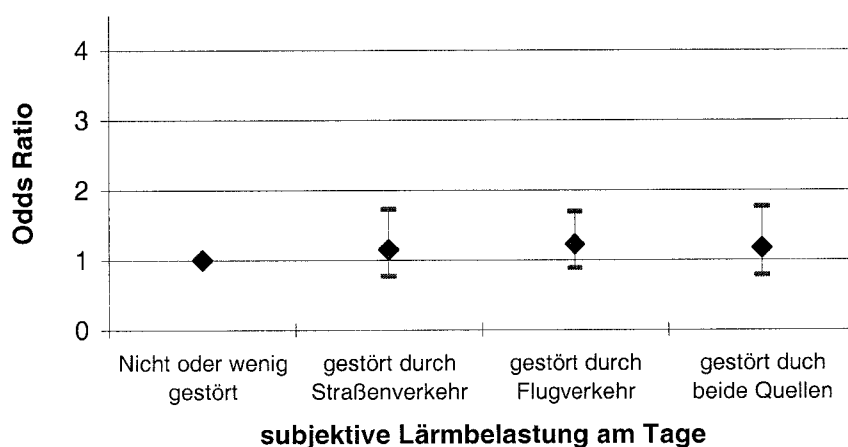


Abb. 9.17 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Lebenszeit-Prävalenz)

Die adjustierten Odds-Ratios lassen nicht erkennen, dass das Risiko für ärztliche Behandlungen aufgrund von Bluthochdruck für Personen beachtenswert erhöht war, die sich am Tag durch Fluglärm (OR = 1,2), durch Straßenverkehrslärm (OR = 1,2) oder durch beide Quellen (OR = 1,2) stark gestört fühlten.

### Subjektive Störung durch Lärm in der Nacht

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.12 zusammengefasst.

Tab. 9.12 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

70,1 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,034	0,007	1	0,000	1,035	1,021	1,049
Body Mass Index	0,134	0,019	1	0,000	1,144	1,102	1,187
Lärmempfindlich- keitsindex	0,024	0,014	1	0,089	1,025	0,996	1,054

Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlungen von Bluthochdruck zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Body Mass Index“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung durch Lärm in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.18).

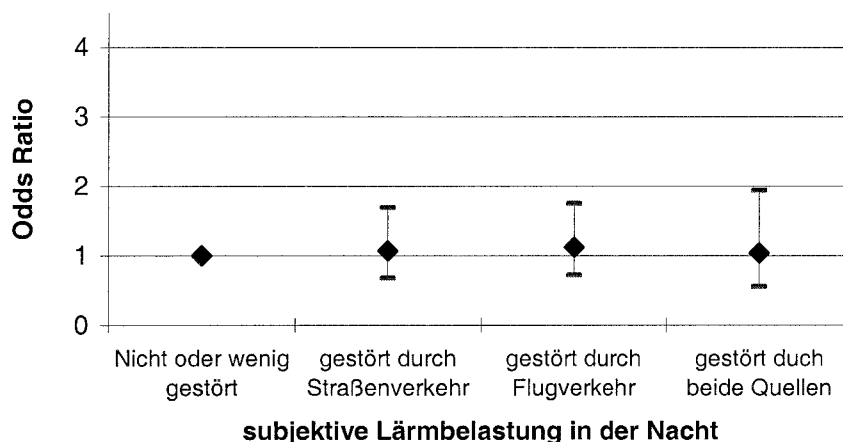


Abb. 9.18 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios lassen nicht erkennen, dass das Risiko für ärztliche Behandlung aufgrund von Bluthochdruck für Personen beachtenswert erhöht war, die sich in der Nacht durch Fluglärm (OR = 1,1), durch Straßenverkehrslärm (OR = 1,1) oder durch beide Quellen (OR = 1,0) stark gestört fühlten.

## 9.1.2 Angina pectoris (Durchblutungsstörungen am Herzen)

Mit der Frage „Waren Sie seit der letzten Untersuchung (seit 2 Jahren) wegen Angina pectoris (Durchblutungsstörungen am Herzen) in ärztlicher Behandlung“ wurde die Perioden-Prävalenz der ärztlichen Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit von der objektiven Schallbelastung durch Straßenverkehr (Schallpegel nach Lärmkarte), den Fluglärmmzonen sowie der subjektiven Störung durch Lärm (Lärmfragebogen) analysiert. Mit Hilfe der logistischen Regression wurden Odds-Ratios (OR) berechnet. In die Regressionsmodelle wurden 12 Kontrollvariablen (vgl. Kapitel 8.1) aufgenommen.

### Tagesbelastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.13 zusammengefasst.

Tab. 9.13 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

63 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,079	0,018	1	0,000	1,083	1,045	1,121
Bewegung im Beruf	0,734	0,328	1	0,025	2,082	1,096	3,957

Die Perioden-Prävalenz der ärztlichen Behandlungen von Angina pectoris zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag, sondern wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Bewegung im Beruf“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.19).

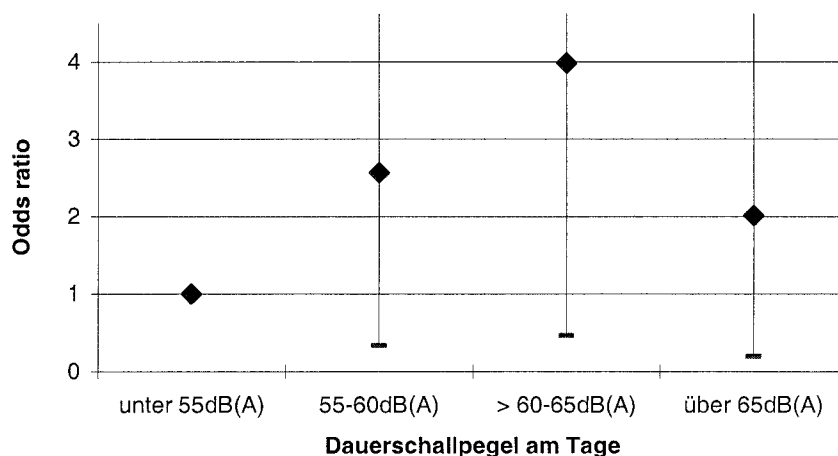


Abb. 9.19 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (Gesamtstichprobe)

Dem hohen relativen Risiko im Pegelbereich von 60-65 dB(A) ( $OR = 4,0$ ) stand in der Gesamtstichprobe ein geringeres relatives Risiko für eine ärztliche Behandlungen von Angina pectoris für Personen entgegen, die an ihrem Wohnort Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 65 dB(A) oder mehr ausgesetzt waren ( $OR = 2,0$ ). Die adjustierten Odds-Ratios lassen im untersuchten Pegelbereich keine klare Dosis-Wirkungs-Beziehung erkennen.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.20). Dem hohen relativen Risiko im Pegelbereich von 60-65 dB(A) ( $OR = 3,1$ ) stand auch in der Teilstichprobe ein geringeres relatives Risiko für Personen gegenüber, die an ihrem Wohnort Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 65 dB(A) oder mehr ausgesetzt waren ( $OR = 2,0$ ).

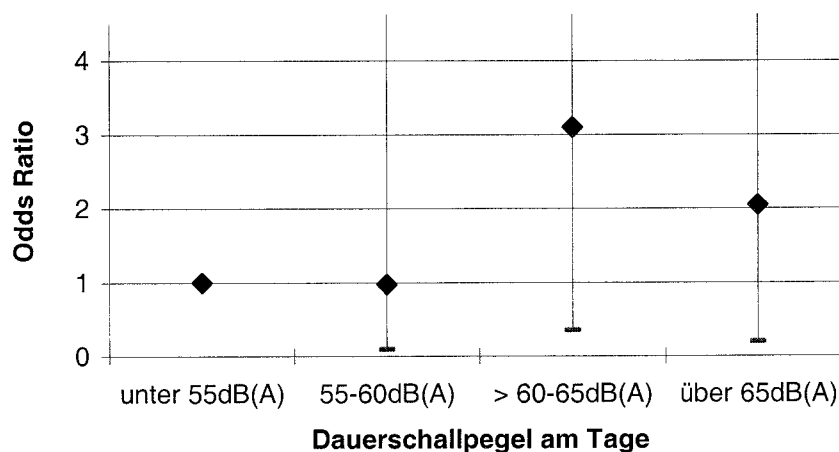


Abb. 9.20 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen)

### Nächtliche Belastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.14 zusammengefasst.

Tab. 9.14 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

63 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,079	0,018	1	0,000	1,083	1,045	1,121
Bewegung im Beruf	0,734	0,328	1	0,025	2,082	1,096	3,957

Die Perioden-Prävalenz der ärztlichen Behandlungen von Angina pectoris zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht, sondern wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Bewegung im Beruf“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.21).

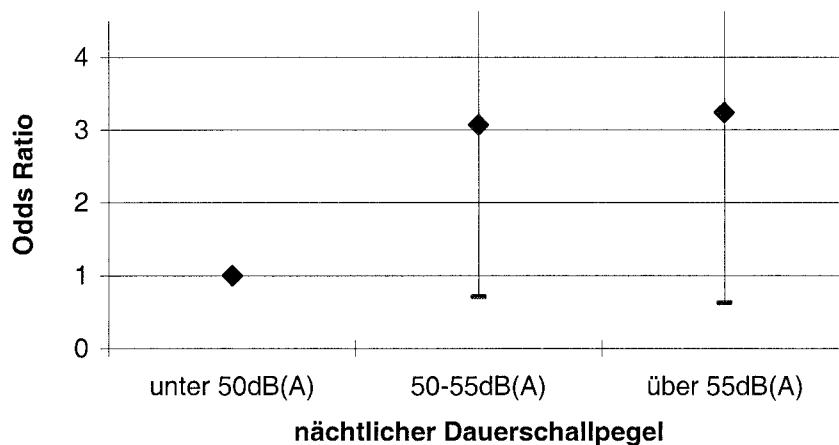


Abb. 9.21 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe)

In der Gesamtstichprobe war ein hohes relatives Risiko für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris für Personen zu verzeichnen, die an ihrem Wohnort Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 50-55 dB(A) oder über 55 dB(A) ausgesetzt waren (OR = 3,1 bzw. OR = 3,2). Die adjustierten Odds-Ratios lassen nicht eindeutig erkennen, ob ein monotoner Trend oder ein Schwelleneffekt vorliegt. Eine lineare Trendberechnung führte auf einen Anstieg der Odds-Ratios von 22 % pro dB(A).

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), zeigte sich in der Teilstichprobe eine eindeutigere Dosis-Wirkungs-Beziehung (vgl. Abb. 9.22). Es war in der Teilstichprobe ein linearer Anstieg der Odds-Ratios von 25 % pro dB(A) zu verzeichnen.

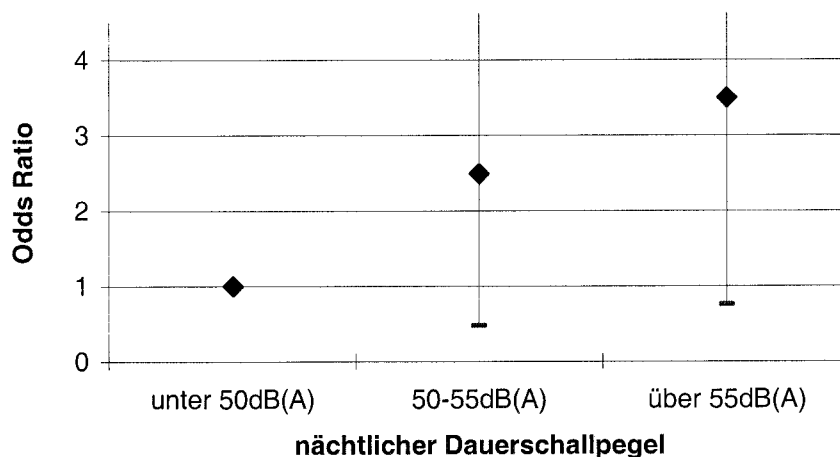


Abb. 9.22 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen)

Bei den vorangegangenen Analysen wurden auch Probanden berücksichtigt, die in den letzten 2 Jahren umgezogen waren. Wurden diese Probanden aus der logistischen Regressionsberechnung herausgenommen, so ergab sich ein leicht verändertes Bild in Richtung der Arbeitshypothese (Tab. 9.15).

Tab. 9.15 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (kein Umzug)

54,4 % einbezogen	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,084	0,020	1	0,000	1,087	1,045	1,131
Bewegung im Beruf	0,822	0,352	1	0,020	2,275	1,141	4,535

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht(22:00-6:00 Uhr), sondern wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Bewegung im Beruf“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.23).

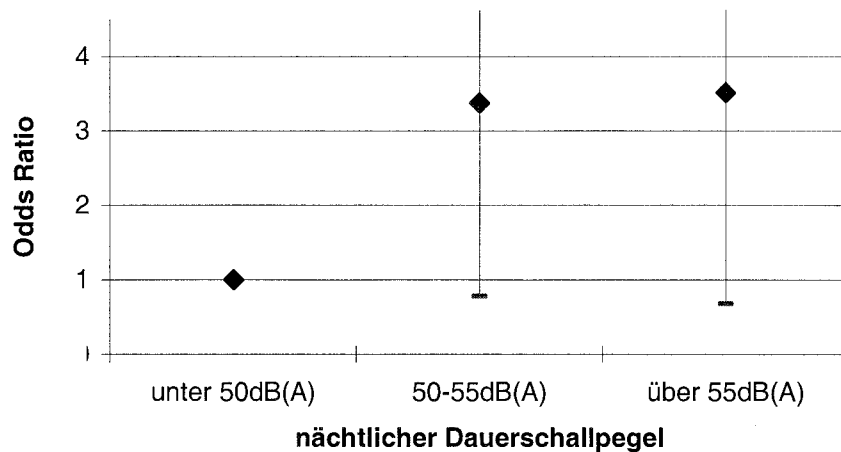


Abb. 9.23 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (alle Probanden die seit dem letzten Untersuchungsdurchgang (2 Jahre) nicht umgezogen waren)

Die geschätzten relativen Risiken waren in der Teilstichprobe im Sinne der formulierten Arbeitshypothese nur geringfügig erhöht (OR = 3,4; OR = 3,5). Wiederum ist nicht ganz ersichtlich, ob ein monotoner Trend oder ein Schwelleneffekt vorliegt. Eine lineare Trendberechnung führte auf einem Anstieg von 25 % pro dB(A).

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), so zeigte sich in dem Teilkollektiv hingegen eine deutliche Dosis-Wirkungs-Beziehung (vgl. Abb. 9.24). Als linearer Trend ergab sich ein Anstieg der Odds-Ratios von 32 % pro dB(A).

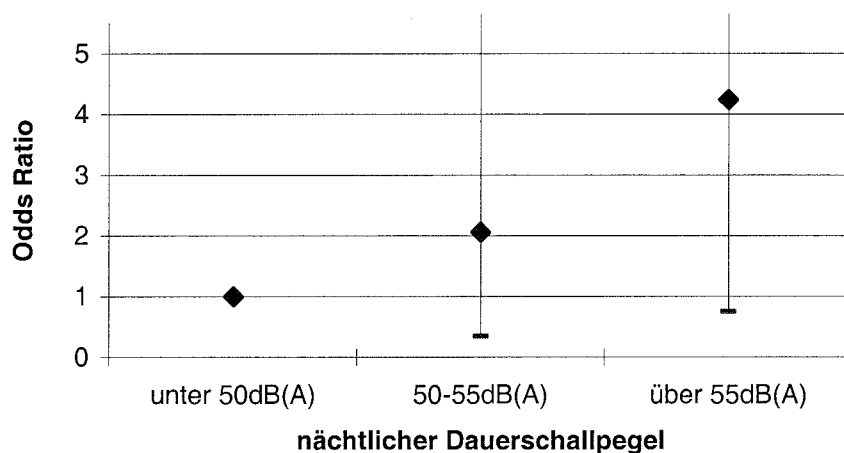


Abb. 9.24 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Probanden die seit dem letzten Untersuchungsdurchgang (2 Jahre) nicht umgezogen waren und an einer verkehrsgezählten Straße wohnten)



Bei den vorangegangenen Analysen wurde das Fensteröffnungsverhalten der Probanden nicht beachtet. Wurde das Fensteröffnungsverhalten als Auswahlkriterium herangezogen, so lagen für eine statistische Auswertung nicht mehr genügend gültige Fälle vor.

### Fluglärmmzonen

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.16 zusammengefasst.

Tab. 9.16 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

62,1 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,082	0,018	1	0,000	1,085	1,047	1,124
Bewegung im Beruf	0,655	0,329	1	0,046	1,926	1,010	3,671

Die Perioden-Prävalenz der ärztlichen Behandlungen von Angina pectoris zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit den Fluglärmmzonen und wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Bewegung im Beruf“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Fluglärmmzonen im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.25).

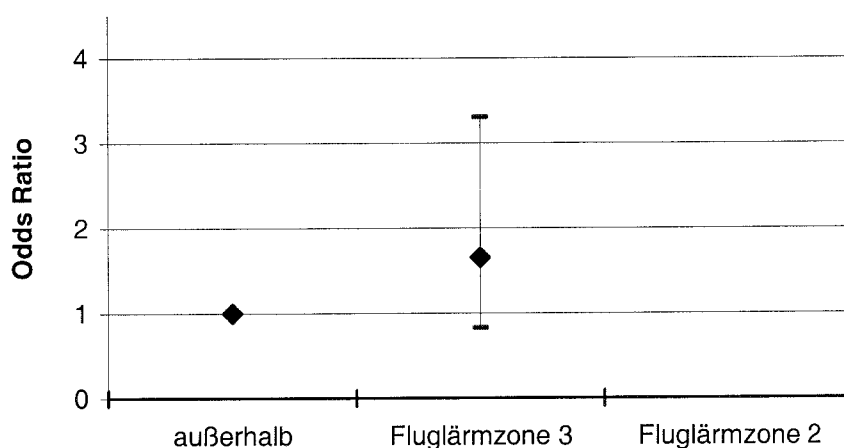


Abb. 9.25 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigen für Personen, die in der Fluglärmzone 3 wohnten, ein erhöhtes, aber nicht signifikantes, relatives Risiko für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris (OR = 1,6). Für die Fluglärmzone 2 lagen nicht genügend gültige Fälle vor.

### Subjektive Störung durch Lärm am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.17 zusammengefasst.

Tab. 9.17 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

56 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,081	0,020	1	0,000	1,084	1,040	1,128
Bewegung im Beruf	0,742	0,358	1	0,039	2,094	1,042	4,237

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm am Tag, sondern wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Bewegung im Beruf“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Störung durch Lärm am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.26).

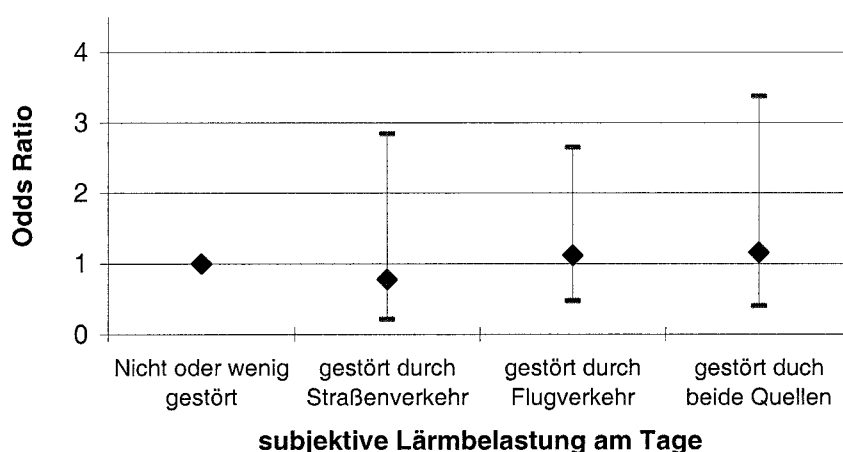


Abb. 9.26 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigen, dass in der Stichprobe das geschätzte Risiko für ärztliche Behandlung von Angina pectoris für Personen nicht erhöht war, die sich am Tag durch Straßenverkehrslärm (OR = 0,8), durch Fluglärm (OR = 1,1) oder durch beide Quellen (OR = 1,2) stark gestört fühlten.

### Subjektive Störung durch Lärm in der Nacht

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.18 zusammengefasst.

Tab. 9.18 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

56,7 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,082	0,019	1	0,000	0,186	1,045	1,128
Bewegung im Beruf	0,770	0,345	1	0,026	2,159	1,097	4,250

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht, sondern wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Bewegung im Beruf“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Störung durch Lärm in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.27).

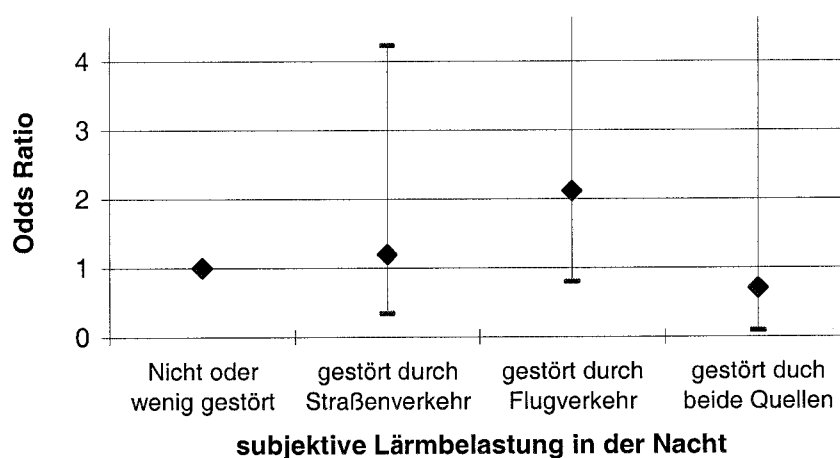


Abb. 9.27 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Das geschätzte Risiko war in der Gesamtstichprobe für Personen auffällig erhöht ( $OR = 2,1$ ), die sich durch Flugverkehr stark gestört fühlten. Für Personen, die sich sowohl durch Flugverkehr als auch durch Straßenverkehr stark gestört fühlten, ergab sich dagegen ein präventiver Effekt ( $OR = 0,7$ ). Bei Straßenverkehr war nur eine geringe Zunahme des relativen Risikos ( $OR = 1,2$ ) zu verzeichnen. Die Konfidenzintervalle der Odds-Ratios in den Belastungsklassen waren sehr groß.

### Lebenszeit-Prävalenz: Angina pectoris Behandlungen

Mit der Frage „Hat ein Arzt bei Ihnen jemals Angina pectoris festgestellt“ wurde die Lebenszeit-Prävalenz von Angina pectoris in Abhängigkeit von der objektiven Schallbelastung durch Straßenverkehr (Schallpegel nach Lärmkarte), den Fluglärmmzonen sowie der subjektiven Störung durch Lärm analysiert. Mit Hilfe des logistischen Regressionsmodell wurden Odds-Ratios ( $OR$ ) berechnet. In die Regressionsmodelle wurden 12 Kontrollvariablen (vgl. Kapitel 8.1) aufgenommen.

#### Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz von Angina pectoris in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.19 zusammengefasst.

Tab. 9.19 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

70,1 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,062	0,013	1	0,000	1,064	1,037	1,093
Body Mass Index	0,067	0,032	1	0,038	1,069	1,004	1,139
Alkoholkonsum	-0,724	0,409	1	0,077	0,485	0,217	1,080
Bewegung im Beruf	0,576	0,244		0,018	1,779	1,104	2,868

Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlung von Angina pectoris zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Body Mass Index“ und „Bewegung im Beruf“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung durch Straßenverkehr im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.28).

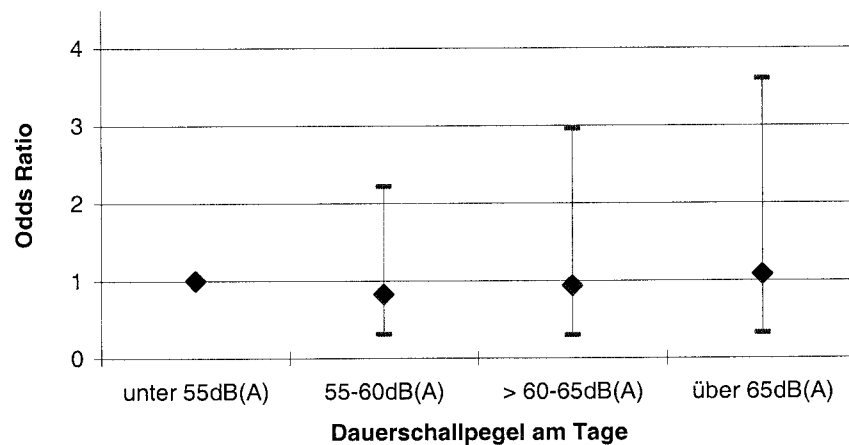


Abb. 9.28 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios lassen nicht erkennen, dass das Risiko für Behandlungen von Angina pectoris für Personengruppen erhöht ist, an deren Wohnadresse am Tag ein Dauerschallpegel von mehr als 55 dB(A) vorlag (55-60 dB(A): OR = 0,8; >60-65 dB(A): OR = 0,9; >65 dB(A): OR = 1,1).

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Ergebnisse (vgl. Abb. 9.29).

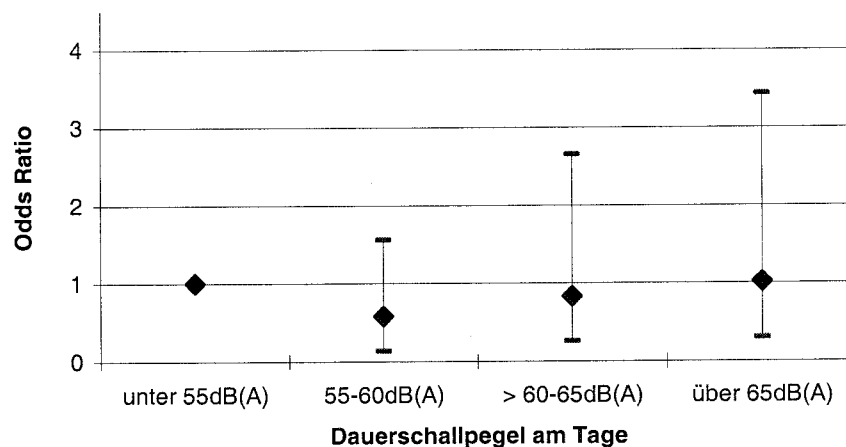


Abb. 9.29 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen)

### Nächtliche Schallbelastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.20 zusammengefasst.

Tab. 9.20 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

70,1 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,062	0,013	1	0,000	1,064	1,037	1,093
Body Mass Index	0,067	0,032	1	0,038	1,069	1,004	1,139
Alkoholkonsum	-0,724	0,409	1	0,077	0,485	0,217	1,080
Bewegung im Beruf	0,576	0,244	1	0,018	1,779	1,104	2,868

Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlung von Angina pectoris zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Body Mass Index“ und „Bewegung im Beruf“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung durch Straßenverkehr im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.30).

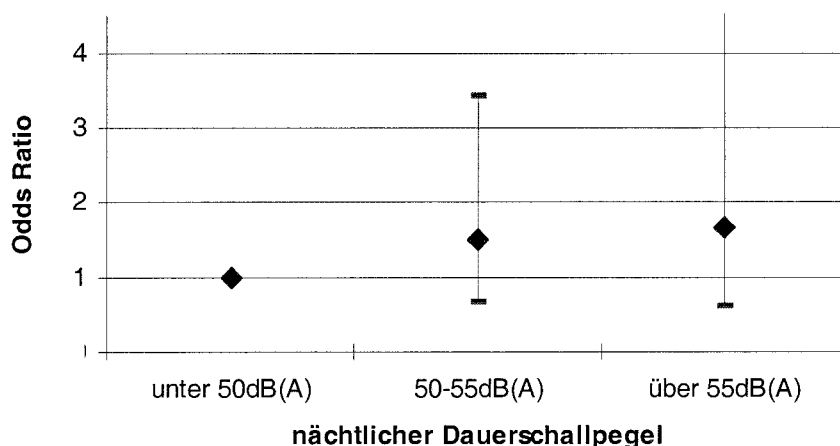


Abb. 9.30 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigen in der Stichprobe eine Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs. Die lineare Trendberechnung ergab einem Anstieg von 7 % pro dB(A).

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), so wurde die Annahme einer Dosis-Wirkungs-Beziehung bestätigt (vgl. Abb. 9.31). In der Teilstichprobe war ein linearer Trend mit einem Anstieg von 7 % pro dB(A) zu verzeichnen.

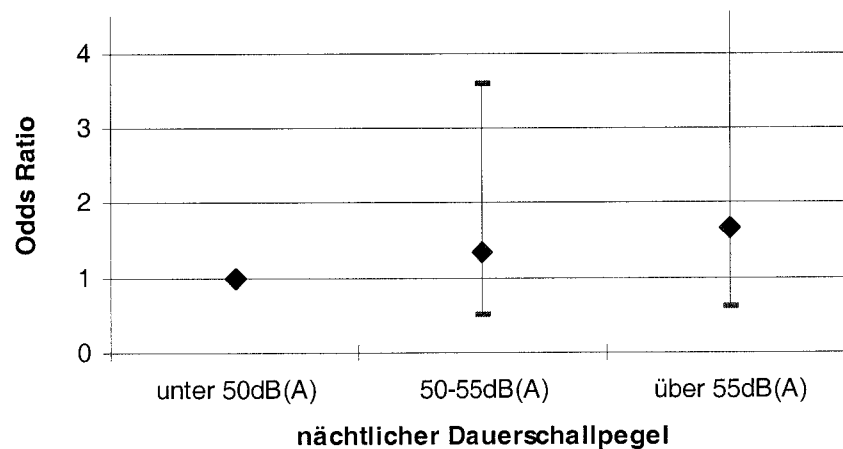


Abb. 9.31 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen)

### Fluglärmmzonen

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.21 zusammengefasst.

Tab. 9.21 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

69 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,061	0,014	1	0,000	1,063	1,035	1,092
Body Mass Index	0,074	0,032	1	0,021	1,077	1,011	1,148
Bewegung im Beruf	0,553	0,246	1	0,025	1,738	1,074	2,813
Alkoholkonsum	-0,683	0,409	1	0,095	0,505	0,226	1,126

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit den Fluglärmmzonen. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Body Mass Index“ und „Bewegung im Beruf“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Fluglärmmzonen im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.32).

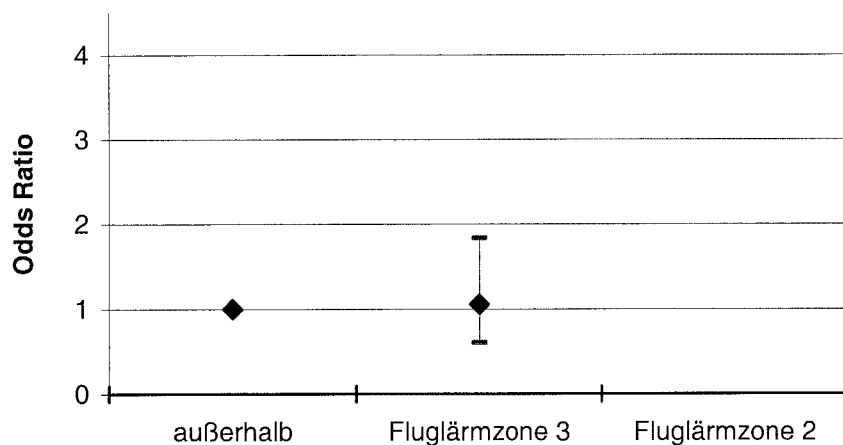


Abb. 9.32 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit den Fluglärmszonen (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios lassen keine Abhängigkeit des relativen Risikos von den Fluglärmszonen erkennen. Für die Fluglärmszone 2 lagen nicht genügend gültige Fälle vor.

### Subjektive Störung durch Lärm am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.22 zusammengefasst.

Tab. 9.22 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

62,1 % gültigeFälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,065	0,015	1	0,000	1,067	1,036	1,099
Body Mass Index	0,075	0,035	1	0,032	1,078	1,006	1,155
Bewegung im Beruf	0,484	0,264	1	0,066	1,622	0,968	2,719

Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlung von Angina pectoris zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm am Tag und wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Body Mass Index“ im Beruf beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Störung durch Lärm am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.33).



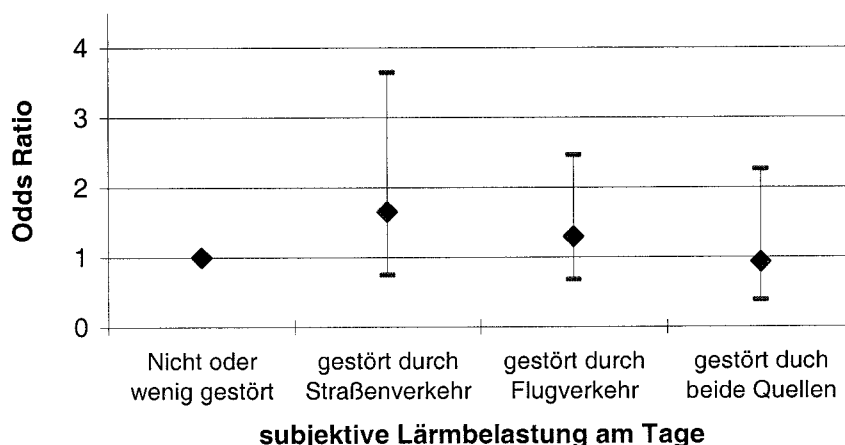


Abb. 9.33 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigen, dass das Risiko für eine ärztliche Behandlung aufgrund von Angina pectoris für Personen erhöht war, die sich am Tag durch Straßenverkehrslärm gestört fühlten ( $OR = 1,6$ ). Für Fluglärm ist nur eine geringere Zunahme des relativen Risikos zu beobachten ( $OR = 1,2$ ). Bei starker Störung durch beide Quellen war das geschätzte Risiko dagegen etwas geringer als in der Referenzgruppe ( $OR = 0,9$ ).

### Subjektive Störung durch Lärm in der Nacht

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.23 zusammengefasst.

Tab. 9.23 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

63,2 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,063	0,014	1	0,000	1,065	1,036	1,136
Body Mass Index	0,061	0,035		0,082	1,063	0,992	1,138
Bewegung im Beruf	0,499	0,255		0,050	1,647	1,000	2,713

Die Anamnese von Angina pectoris zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Bewegung im Beruf“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Störung durch Lärm in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.34).

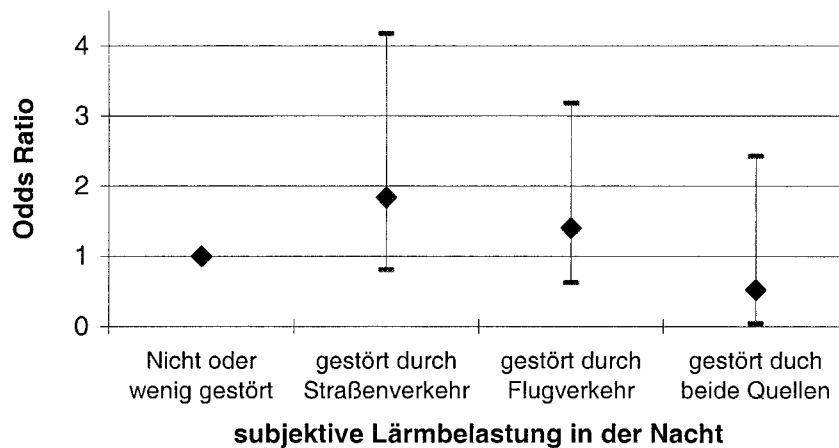


Abb. 9.34 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigen, dass in der Stichprobe das geschätzte Risiko für eine ärztliche Behandlung aufgrund von Angina pectoris für Personen erhöht war, die sich in der Nacht durch Straßenverkehrslärm gestört fühlten ( $OR = 1,8$ ). Für Fluglärm ist ebenfalls eine Zunahme des geschätzten relativen Risikos zu beobachten ( $OR = 1,4$ ). Bei starker Störung durch beide Quellen war das Risiko dagegen geringer als in der Referenzgruppe ( $OR = 0,5$ ).

### 9.1.3 Myocardinfarkt (Herzinfarkt)

Mit der Frage „Waren Sie seit der letzten Untersuchung (seit 2 Jahren) wegen eines Myocardinfarkt in ärztlicher Behandlung“ wurde die Perioden-Prävalenz der ärztlichen Behandlung in Abhängigkeit von der objektiven Schallbelastung durch Straßenverkehr (Schallpegel nach Lärmkarte), den Fluglärmzonen sowie der subjektiven Störung durch Lärm analysiert. Mit Hilfe der logistischen Regression wurden Odds-Ratios (OR) errechnet. In die Regressionsmodelle wurden 12 Kontrollvariablen (vgl. Kapitel 8.1) aufgenommen.

### Tagesbelastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.24 zusammengefasst.

Tab. 9.24 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

63,8 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,131	0,035	1	0,000	1,139	1,064	1,221

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag. Die ärztlichen Behandlungen wurden signifikant nur durch die Kontrollvariable „Alter“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung durch Straßenverkehr im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.35).

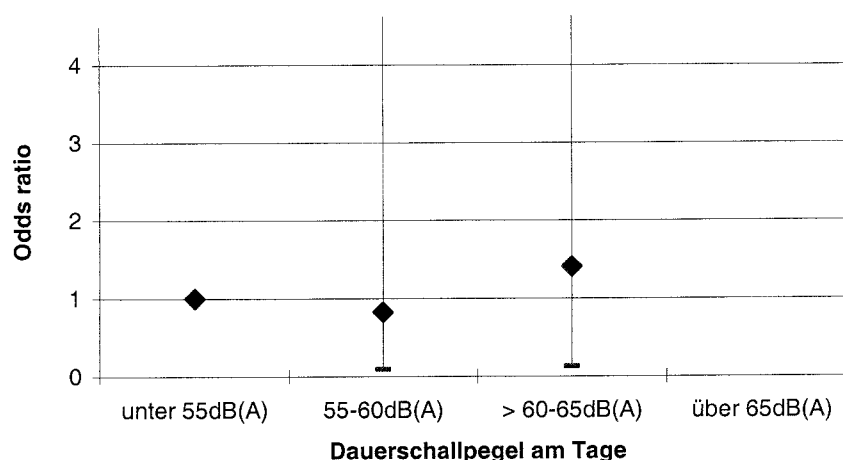


Abb. 9.35 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (Gesamtstichprobe)

In der Gesamtstichprobe ist ein leicht erhöhtes relatives Risiko für eine Herzinfarktbehandlung für Personen zu verzeichnen, die an ihrem Wohnort Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 60-65 dB(A) ausgesetzt waren (OR = 1,4). Die Odds-Ratios lassen keine Dosis-Wirkungs-Beziehung erkennen. Für die Pegelklasse über 65 dB(A) lagen nicht genügend Fälle vor.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), bestätigte sich die Ablehnung des Vorliegens einer Dosis-Wirkungs-Beziehung (vgl. Abb. 9.36). Eine Zunahme des geschätzten relativen Risikos mit dem Dauerschallpegel am Tag war nicht zu erkennen.

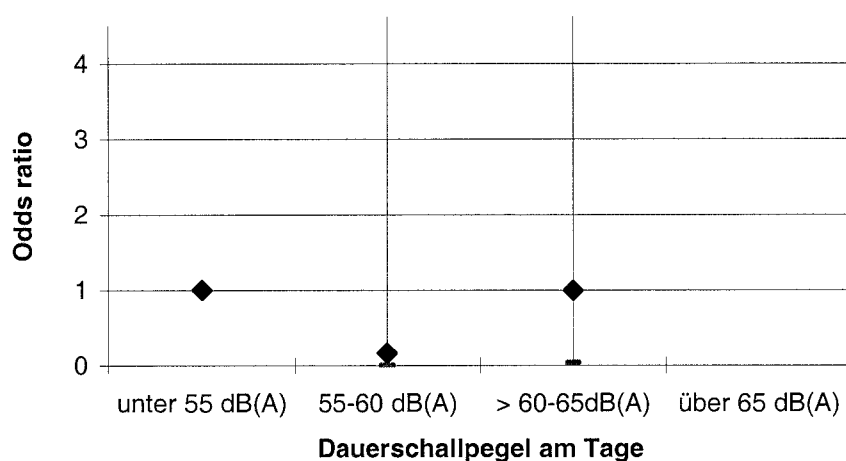


Abb. 9.36 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen)

### Nächtliche Belastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.25 zusammengefasst.

Tab. 9.25 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden -Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

63,3 % gültigeFälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,131	0,035	1	0,000	1,140	1,064	1,221

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Alter“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung durch Straßenverkehr im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.37).

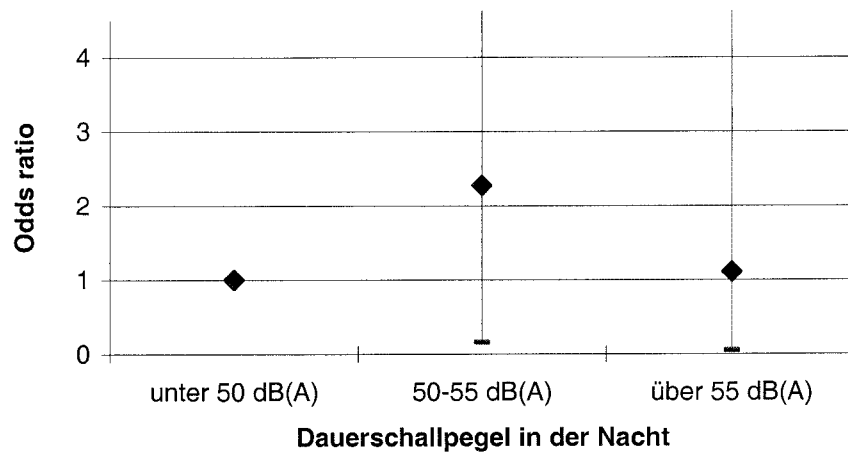


Abb. 9.37 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe)

In der Gesamtstichprobe ist eine Erhöhung des geschätzten relativen Risikos nur für Personen zu verzeichnen, die an ihrem Wohnort nächtlichen Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 50-55 dB(A) ausgesetzt waren ( $OR = 2,3$ ). Die adjustierten Odds-Ratios lassen keine Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs erkennen.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.38). Auch in der Teilstichprobe ist das Risiko in der Pegelklasse über 55 dB(A) kaum höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)).

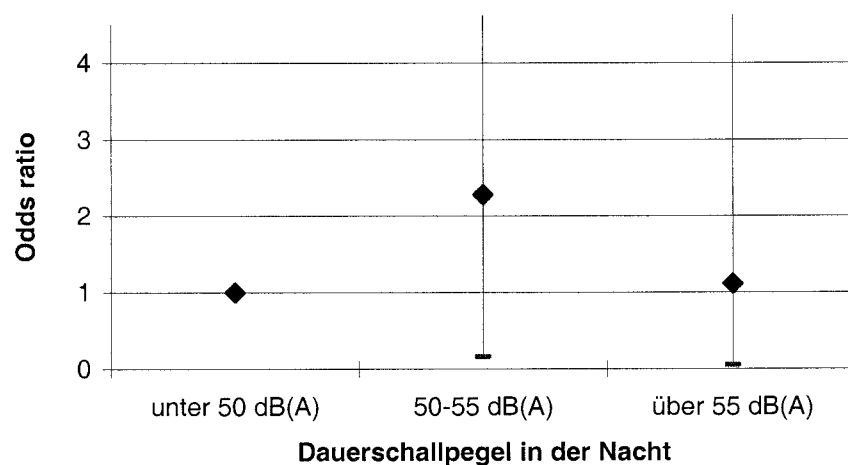


Abb. 9.38 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen)

### Fluglärmmzonen

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.26 zusammengefasst.

Tab. 9.26 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten in Abhängigkeit den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

77,5 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,132	0,038	1	0,000	1,141	1,060	1,229
Sozio-ökonom. Index	0,569	0,283	1	0,044	1,767	1,014	3,078

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit den Fluglärmmzonen. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Sozio-ökonomischer Index“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Fluglärmmzonen im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.39).

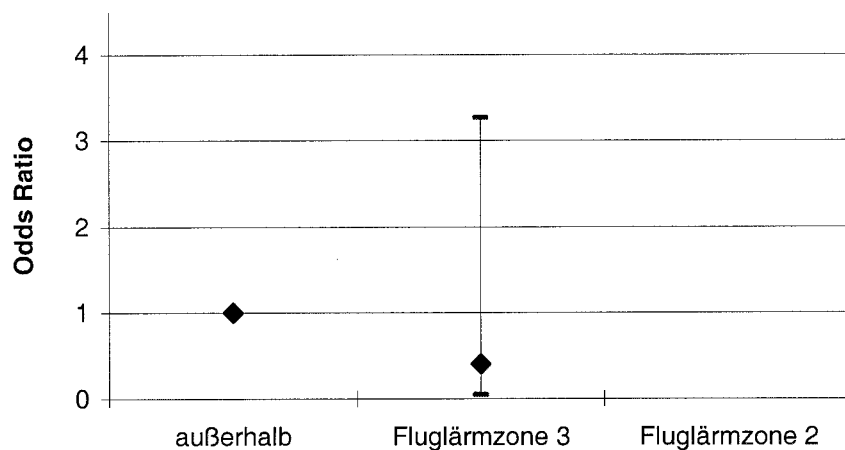


Abb. 9.39 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios lassen in der Stichprobe eine Verringerung des relativen Risikos für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten in der Fluglärmmzone 3 erkennen. Für die Fluglärmmzone 2 lagen nicht genügend Fälle vor.

### Subjektive Störung durch Lärm am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.27 zusammengefasst.

Tab. 9.27 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

56 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,151	0,047	1	0,003	1,151	1,049	1,291
Bewegung im Beruf	1,569	0,832	1	0,059	4,801	0,941	24,497
Alkoholkonsum	1,307	0,770	1	0,075	3,935	0,870	17,810

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm am Tag. Die Häufigkeit der Behandlungen wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Alter“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Störung durch Lärm am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.40).

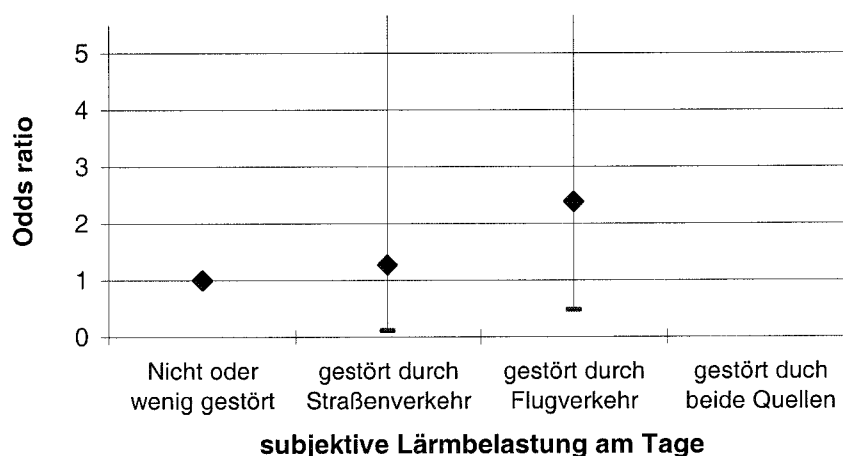


Abb. 9.40 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigen, dass in der Stichprobe das Risiko für eine Behandlung von Herzinfarkten für Personen deutlich erhöht war, die sich am Tag durch Fluglärm stark gestört fühlten (OR = 2,4). Für Straßenverkehrslärm war das geschätzte Risiko nur leicht erhöht (OR = 1,3). Für die Pegelklasse „beide Quellen“ lagen nicht genügend Fälle vor. Die Konfidenzintervalle der Odds-Ratios in den Belastungsklassen waren jedoch sehr groß.

### Subjektive Störung durch Lärm in der Nacht

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.28 zusammengefasst.

Tab. 9.28 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

56,7 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,109	0,040	1	0,007	1,115	1,030	1,206
Sozio-ökonom. Index	0,695	0,339	1	0,040	2,007	1,032	3,895

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Sozio-ökonomischer Index“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Störung durch Lärm in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.41).

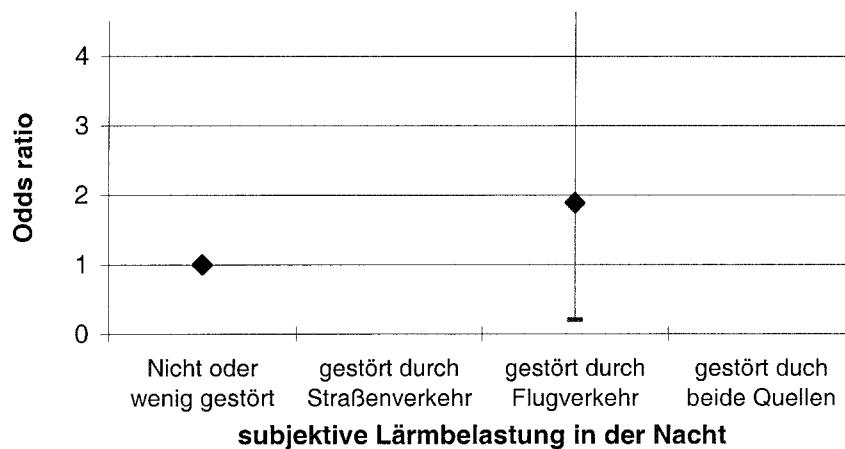


Abb. 9.41 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Das geschätzte Risiko für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten (Perioden-Prävalenz) war in der Stichprobe für Personengruppen erhöht, die sich in der Nacht durch Fluglärm stark gestört fühlten. Für die Belastungsklassen „Straßenverkehrslärm“ und „beide Quellen“ waren die Fallzahlen nicht ausreichend.



## Lebenszeit-Prävalenz: Myocardinfarkt-Behandlungen

Mit der Frage „Hat ein Arzt bei Ihnen jemals einen Myocardinfarkt festgestellt“ wurde die Lebenszeit-Prävalenz in Abhängigkeit von der objektiven Schallbelastung durch Straßenverkehr (Schallpegel nach Lärmkarte), den Fluglärmmzonen sowie der subjektiven Störung durch Lärm analysiert. Mit Hilfe des logistischen Regressionsmodell wurden Odds-Ratios (OR) berechnet. In die Regressionsmodelle wurden 12 Kontrollvariablen (vgl. Kapitel 8.1) aufgenommen.

### Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.29 zusammengefasst.

Tab. 9.29 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

70,1 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,108	0,023	1	0,000	1,115	1,067	1,168

Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlung von Herzinfarkten zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Alter“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung durch Straßenverkehr im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.42).

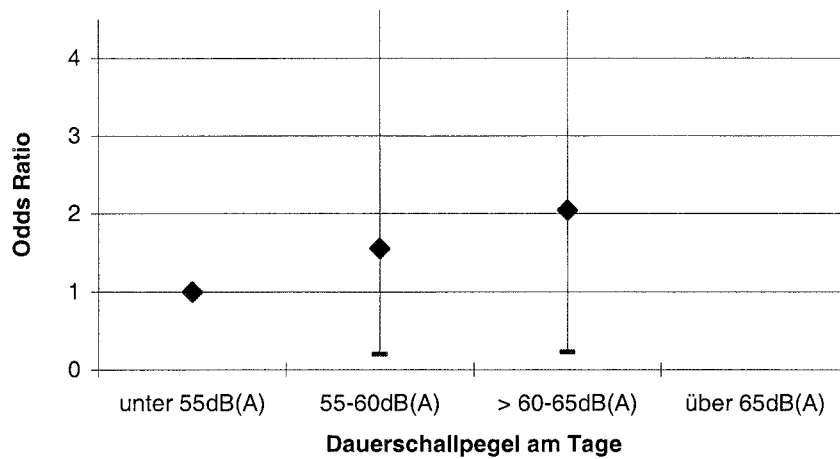


Abb. 9.42 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigen in der Stichprobe eine klare Dosis-Wirkungs-Beziehung bis zu Dauerschallpegeln von 65 dB(A). Es war ein linearer Trend mit einem Anstieg von 10 % pro dB(A) zu verzeichnen. In der Pegelklasse über 65 dB(A) waren die gültigen Fallzahlen nicht ausreichend.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), wird die Annahme einer Dosis-Wirkungs-Beziehung in Frage gestellt. Ein erhöhtes relatives Risiko für eine ärztliche Behandlung von Herzinfarkten war in dem Teilkollektiv nur für Personen zu verzeichnen, die an ihrem Wohnort Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 60-65 dB(A) aufwiesen ( $OR = 2,5$ ). Für die Pegelklasse über 65 dB(A) waren die gültigen Fallzahlen nicht ausreichend.

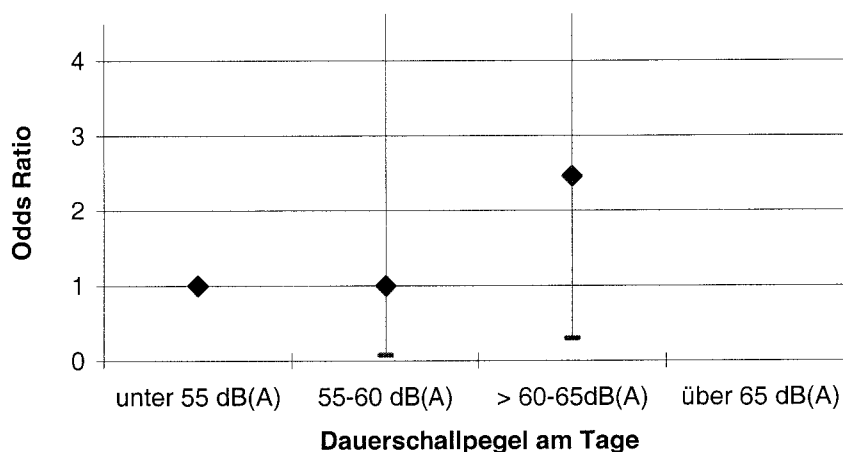


Abb. 9.43 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen)

### Nächtliche Schallbelastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.30 zusammengefasst.

Tab. 9.30 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Anamnese von Herzinfarkten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

70,1 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,108	0,023	1	0,000	1,115	1,066	1,165

Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlung von Herzinfarkten zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Alter“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung durch Straßenverkehr im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.44).

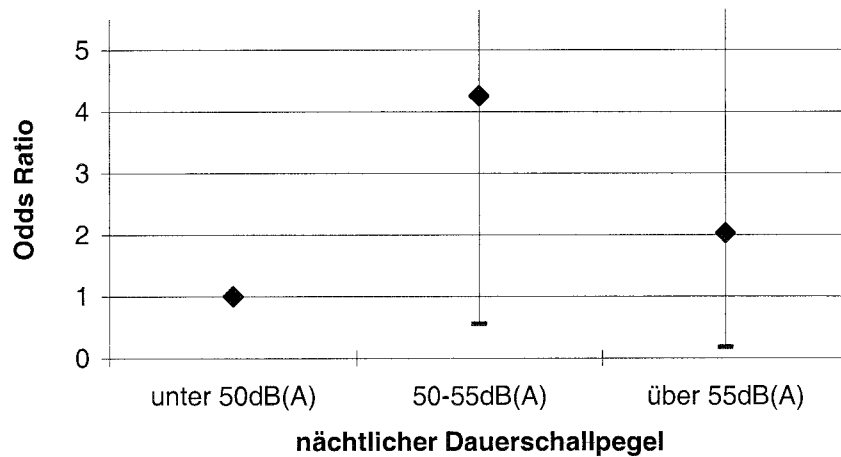


Abb. 9.44 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Für die Pegelklasse 50-55 dB(A) war das geschätzte Risiko für Herzinfarktbehandlung in der Stichprobe erheblich höher als in der Referenzklasse unter 50 dB(A) ( $OR = 4,8$ ). In der Pegelklasse über 55 dB(A) war das Risiko dagegen deutlich geringer ( $OR = 2,0$ ). Eine Dosis-Wirkungs-Beziehung ist nicht erkennbar.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.45). Auch hier war das Risiko für eine Herzinfarktbehandlung in der Pegelklasse 50-55 dB(A) erheblich höher als in der Pegelklasse über 55 dB(A). Die Annahme einer Dosis-Wirkungs-Beziehung kann nicht bestätigt werden.

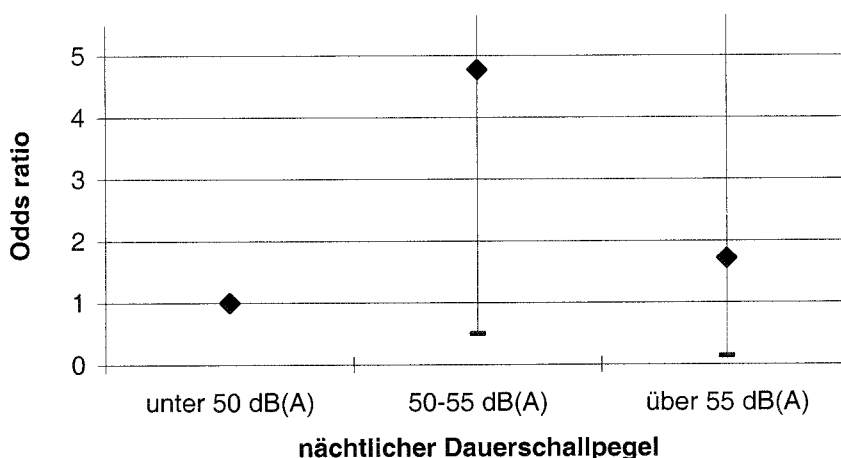


Abb. 9.45 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr Nacht (verkehrsgezählte Straßen)

### Fluglärmmzonen

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarktbehandlungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.31 zusammengefasst.

Tab. 9.31 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

70 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,033	0,007	1	0,000	1,034	1,021	1,047

Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlung von Herzinfarkten zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit den Fluglärmmzonen. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Alter“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Fluglärmmzonen im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.46).

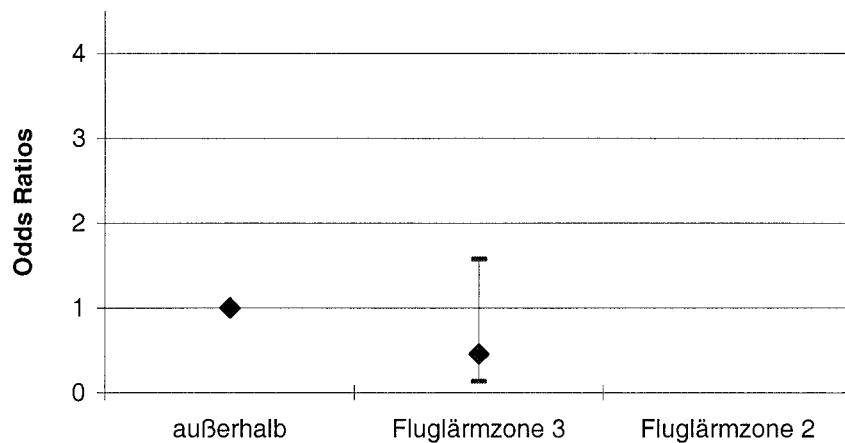


Abb. 9.46 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit den Fluglärmszonen (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigen in der Stichprobe, für Personen die in der Fluglärmszone 3 wohnten, ein geringeres relatives Risiko, als für Personen außerhalb der Fluglärmszonen. Für die Fluglärmszone 2 waren die gültigen Fallzahlen nicht ausreichend.

### Subjektive Störung durch Lärm am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.32 zusammengefasst.

Tab. 9.32 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

62,1 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,111	0,027	1	0,000	1,117	1,060	1,178
Bewegung im Beruf	0,852	0,469	1	0,069	2,343	0,935	5,875

Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlung von Herzinfarktbehandlungen zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm am Tag. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Alter“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Störung durch Lärm am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.47).

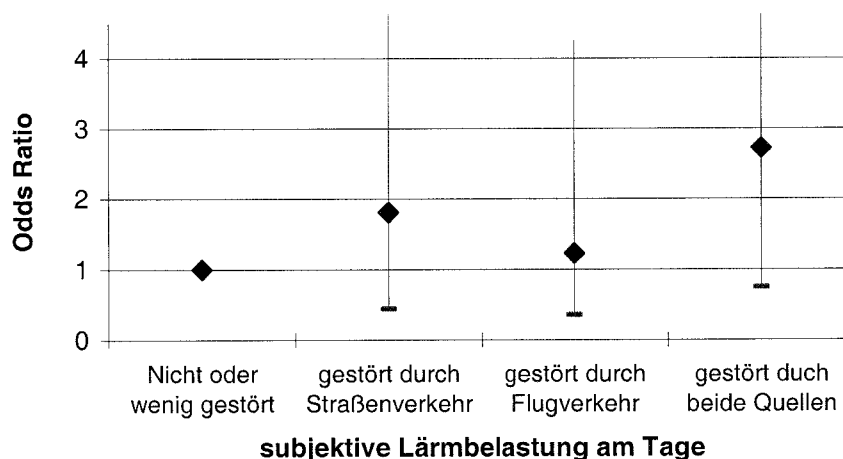


Abb. 9.47 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigen, dass in der Stichprobe das Risiko für Herzinfarktbehandlungen für Personen deutlich anstieg, die sich am Tag sowohl durch Straßenverkehrslärm als auch durch Fluglärm stark gestört fühlten ( $OR = 2,7$ ). Bei Störung durch Straßenverkehrslärm allein war ein geschätztes relatives Risiko von 1,8 zu verzeichnen; bei Störung durch Fluglärm allein ergab sich ein geschätztes relatives Risiko von 1,2.

### Subjektive Störung durch Lärm in der Nacht

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkt in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.33 zusammengefasst.

Tab. 9.33 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

63,2 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,106	0,025	1	0,000	1,111	1,058	1,167

Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlung von Herzinfarkten zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Alter“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektiv empfundene Störung durch Lärm in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.48).

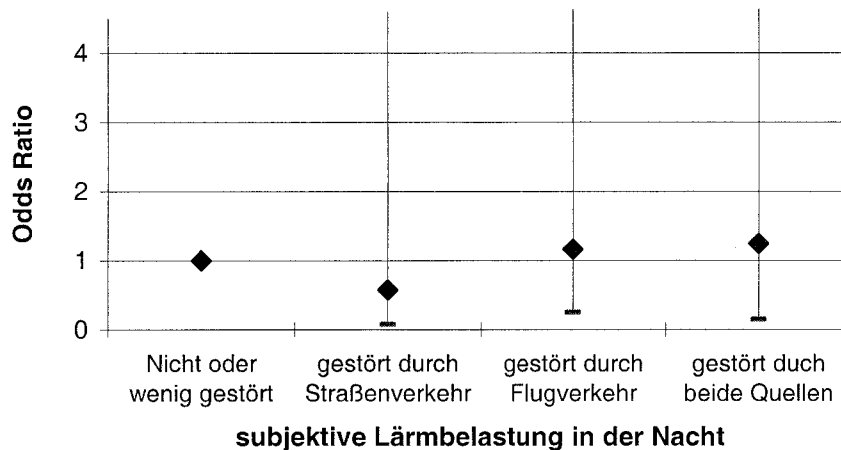


Abb. 9.48 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios lieferten keinen Hinweis, dass das Risiko für Herzinfarktbehandlungen für Personen erhöht ist, die sich in der Nacht durch Straßenverkehrslärm ( $OR = 0,6$ ), durch Fluglärm ( $OR = 1,2$ ) oder durch beide Quellen ( $OR = 1,2$ ) stark gestört fühlten.

## 9.1.4 Migräne

Mit der Frage „Waren Sie seit der letzten Untersuchung (seit 2 Jahren) wegen Migräne in ärztlicher Behandlung“ wurde die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit von der „objektiven“ Schallbelastung durch Straßenverkehr (Schallpegel nach Lärmkarte), den Fluglärmzonen sowie der subjektiven Störung durch Lärm analysiert. Mit Hilfe der logistischen Regression wurden Odds-Ratios (OR) berechnet. In die Regressionsmodelle wurden 12 Kontrollvariablen (vgl. Kapitel 8.1) aufgenommen.

### Tagesbelastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.34 zusammengefasst.



Tab. 9.34 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

63,9 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	-0,049	0,011	1	0,000	0,952	0,932	0,972
Lärmempfindlich- keitsindex	0,091	0,025	1	0,000	1,095	1,042	1,151
Jahreszeit Winter	-0,478	0,338	1	0,011	0,556	0,287	1,080
Erfragter Hörschaden	0,585	0,283	1	0,029	0,262	0,093	0,738

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag, sondern wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Lärmempfindlichkeit“, „Jahreszeit der Untersuchung“ und „Erfragter Hörschaden“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung durch Straßenverkehr im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.49).

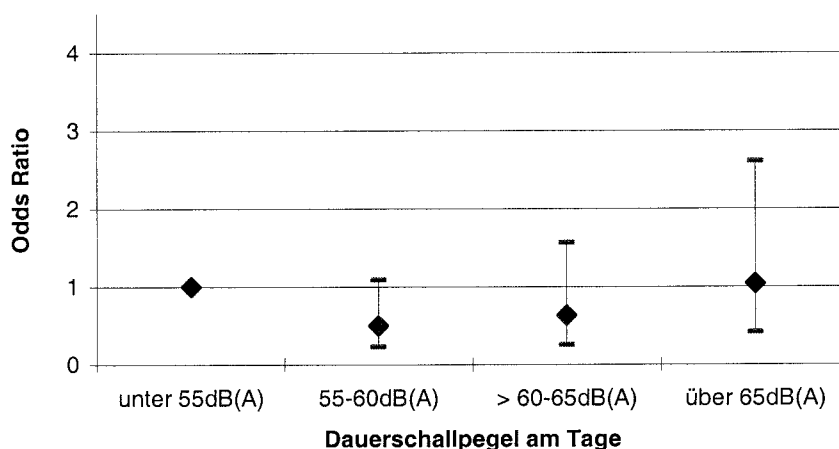


Abb. 9.49 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios lieferten keinen Hinweis, dass das Risiko für Migränebehandlungen für Personengruppen erhöht war, an deren Wohnadresse ein Dauerschallpegel am Tag von über 55 dB(A) auftrat.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.50). Ein Hinweis, dass die relativen Risiken mit steigendem Tages-Dauerschallpegel an der Wohnadresse ansteigen, ist dem Ergebnis nicht zu entnehmen.

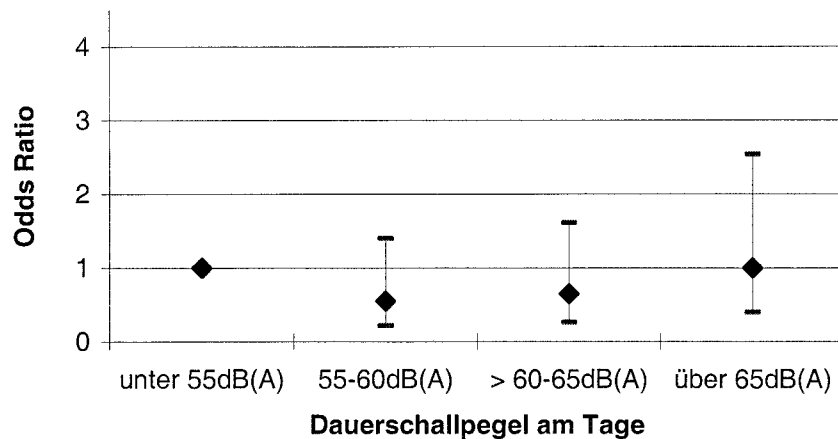


Abb. 9.50 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen)

### Nächtliche Belastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.35 zusammengefasst.

Tab. 9.35 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

63,9 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Unter 50 dB(A)					1,000		
50-55 dB(A)	0,258	0,320	1	0,420	0,772	0,412	1,447
Über 55 dB(A)	0,581	0,373	1	0,109	1,789	0,861	3,716
Alter	-0,049	0,011	1	0,027	0,969	0,943	0,996
Lärmempfindlich- keitsindex	0,091	0,025	1	0,015	1,089	1,017	1,166
Jahreszeit Winter	-0,473	0,219	1	0,031	0,623	0,405	0,957
Erfragter Hörschaden	0,559	0,281	1	0,047	1,749	1,007	3,036

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht. Die nächtliche Schallbelastung verblieb aber aufgrund der gesetzten Ein- und Ausschlusskriterien im reduzierten Modell. Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Lärmempfindlichkeit“, „Jahreszeit der Untersuchung“ und „Erfragter Hörschaden“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die nächtliche Schallbelastung durch Straßenverkehr im reduzierten Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.51).

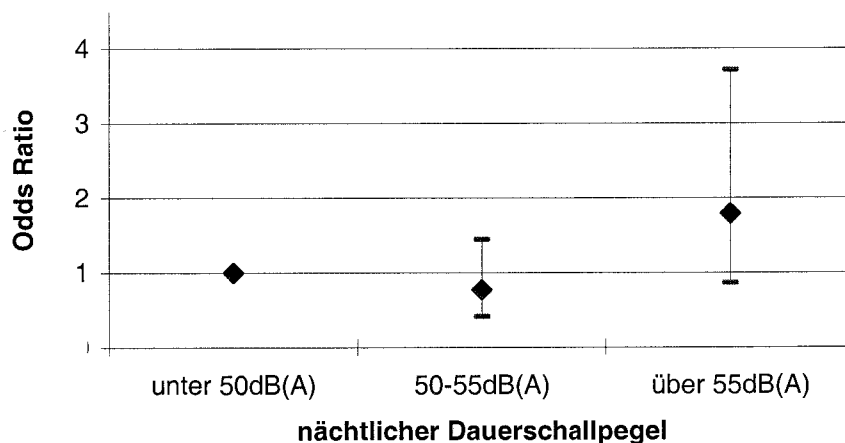


Abb. 9.51 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe)

In der Pegelklasse über 55 dB(A) war das Risiko aufgrund von Migräne in ärztlicher Behandlung zu sein in der Gesamtstichprobe deutlich höher als in der Vergleichsgruppe (unter 50 dB(A)) ( $OR = 1,8$ ;  $p = 0,109$ ). Die adjustierten Odds-Ratios ließen aber insgesamt keine klare Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs erkennen.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.52). In der Pegelklasse über 55 dB(A) war auch in der Teilstichprobe das Risiko einer ärztlichen Migränebehandlung deutlich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) ( $OR = 1,8$ ;  $p = 0,145$ ).

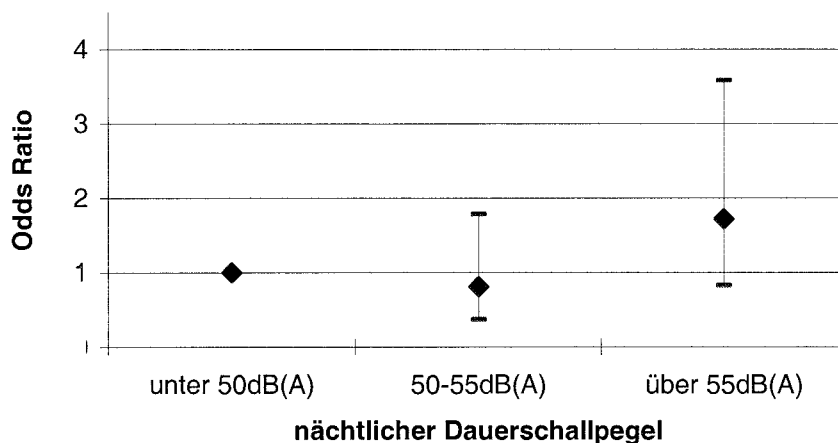


Abb. 9.52 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen)

Bei den vorangegangenen Analysen wurden auch Probanden berücksichtigt, die in den letzten 2 Jahren umgezogen waren. Wurden diese Probanden aus der Analyse herausgenommen, so ergab sich ein geringfügig verändertes Bild in Richtung der Arbeitshypothese (Tab. 9.36).

Tab. 9.36 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (nicht umgezogen)

55,1 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Unter 50 dB(A)					1,000		
50-55 dB(A)	-0,185	0,335	1	0,581	0,831	0,431	1,603
Über 55 dB(A)	0,673	0,387	1	0,082	1,961	0,919	4,183
Alter	-0,052	0,012	1	0,000	0,949	0,928	0,971
Lärmempfindlich- keit	0,098	0,027	1	0,000	1,103	1,046	1,162
Jahreszeit Winter	-0,486	0,233	1	0,037	0,615	0,389	0,972
Erfragter Hörschaden	0,551	0,304	1	0,070	1,734	0,956	3,148

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne zeigte für Personen, die in den letzten 2 Jahren nicht umgezogen waren, keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht. Die nächtliche Schallbelastung verblieb aber aufgrund der gesetzten Ein- und Ausschlusskriterien im reduzierten Modell. Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Lärmempfindlichkeit“ und „Jahreszeit der Untersuchung“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die nächtliche Schallbelastung durch Straßenverkehr im reduzierten Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.53).

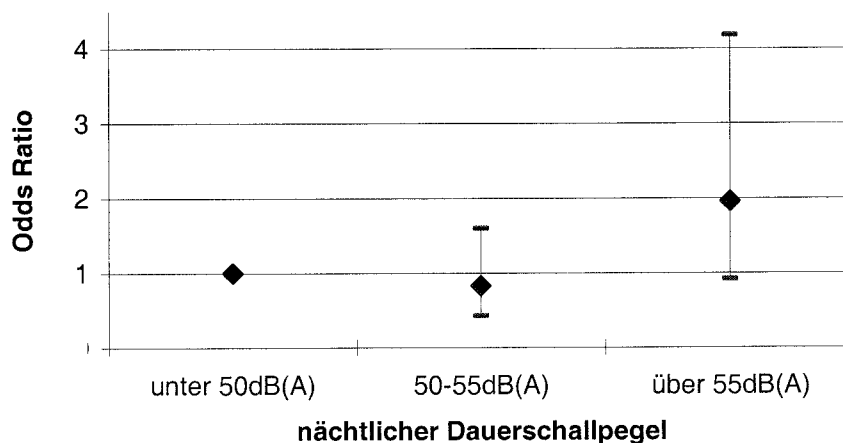


Abb. 9.53 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (kein Umzug)

In der Pegelklasse über 55 dB(A) war das Risiko für eine ärztliche Migränebehandlung in der Gesamtstichprobe deutlich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A) (OR = 1,9;  $p = 0,082$ ). Die adjustierten Odds-Ratios ließen aber keine klare Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs erkennen.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.54). In der Pegelklasse über 55 dB(A) war in der Teilstichprobe das Risiko für eine ärztliche Migränebehandlung ebenfalls deutlich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) (OR = 1,8;  $p = 0,099$ ). Die adjustierten Odds-Ratios ließen auch hier keine klare Dosis-Wirkungs-Beziehung erkennen.

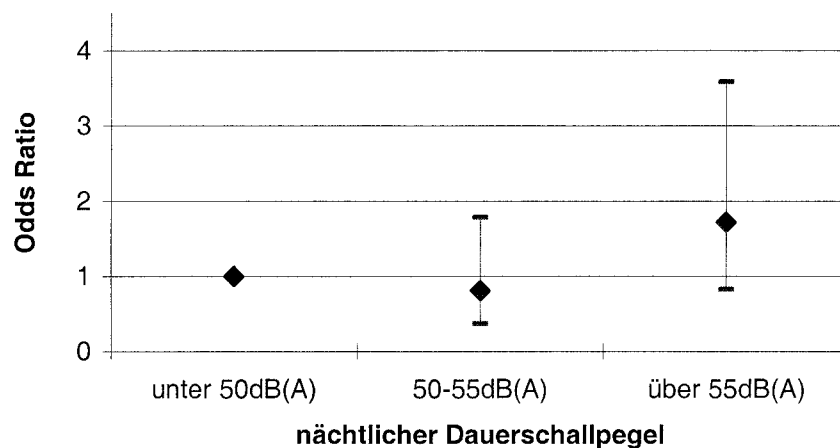


Abb. 9.54 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen; kein Umzug)

Bei den vorgegangenen Analysen wurde das Fensteröffnungsverhalten der Probanden nicht beachtet. Die Stellung der Schlafzimmerfenster ist aber ein wichtiger Moderator der nächtlichen Schallbelastung am Ohr des Schläfers (vgl. Kapitel 4.4.2).

Tab. 9.37 enthält die Ergebnisse, wenn nur Probanden in die Analyse aufgenommen wurden, die bei der Befragung (Lärmfragebogen) angaben, überwiegend bei offenem Fenster zu schlafen.

Tab. 9.37 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (geöffnetes Fenster)

13,9 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Lärmempfindlich- keitsindex	0,162	0,061	1	0,008	1,044	1,044	1,324
Jahreszeit Winter	-0,955	0,523	1	0,068	0,385	0,138	1,074

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht, wenn nur Personen betrachtet wurden, die überwiegend mit geöffnetem Fenster schliefen. Die ärztlichen Behandlungen wurden für diese Personengruppe signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Lärmempfindlichkeit“ und „Jahreszeit der Untersuchung“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die nächtliche Schallbelastung durch Straßenverkehr im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.55).

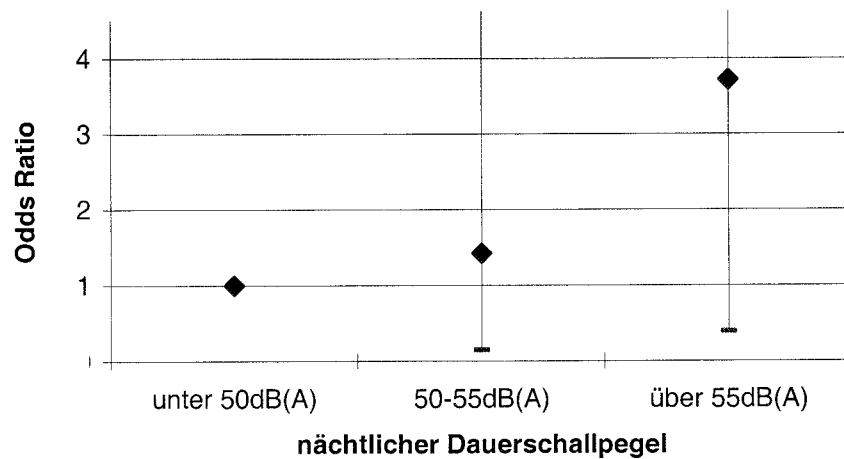


Abb. 9.55 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (geöffnetes Schlafzimmerfenster)

In der Pegelklasse über 55 dB(A) war das Risiko für eine ärztliche Migränebehandlung für Personen, die üblicherweise mit geöffnetem Fenster schliefen erheblich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) ( $OR = 3,7$ ). Die adjustierten Odds-Ratios zeigten für die Teilstichprobe „geöffnetes Fenster“ eine Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs. Die Konfidenzintervalle für die Odds-Ratios in den Pegelklassen waren jedoch sehr groß.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich in dieser Teilstichprobe vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.56). In der Pegelklasse über 55 dB(A) war das Risiko für eine ärztliche Migränebehandlung ebenfalls erheblich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) ( $OR = 3,8$ ). Das Odds-Ratio von 2,6 für die Pegelklasse 50-55 dB(A) unterstützt die Annahme des Vorliegens einer Dosis-Wirkungs-Beziehung. Die linearere Trendberechnung ergab einen Anstieg von 27 % pro dB(A). Die Konfidenzintervalle für die Odds-Ratios in den Pegelklassen waren jedoch sehr groß.

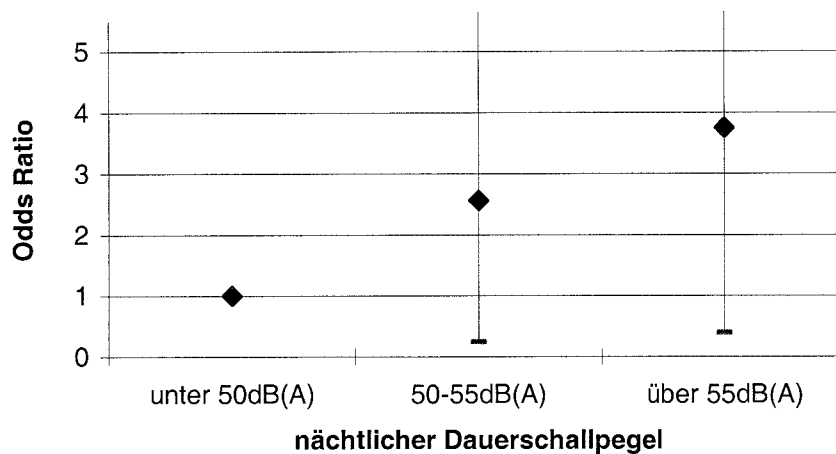


Abb. 9.56 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen)

### Fluglärmmzonen

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.38 zusammengefasst.

Tab. 9.38 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

63 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	-0,041	0,010	1	0,000	0,959	0,940	0,979
Lärmempfindlich- keitsindex	0,087	0,025	1	0,000	1,091	1,039	1,145
Tabakkonsum	1,277	0,524	1	0,015	3,584	1,283	10,015
Jahreszeit	-0,416	0,214	1	0,052	0,660	0,433	1,004

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne zeigte keine signifikante Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen, sondern wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Lärmempfindlichkeit“ und „Tabakkonsum“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Fluglärmmzonen im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.57).



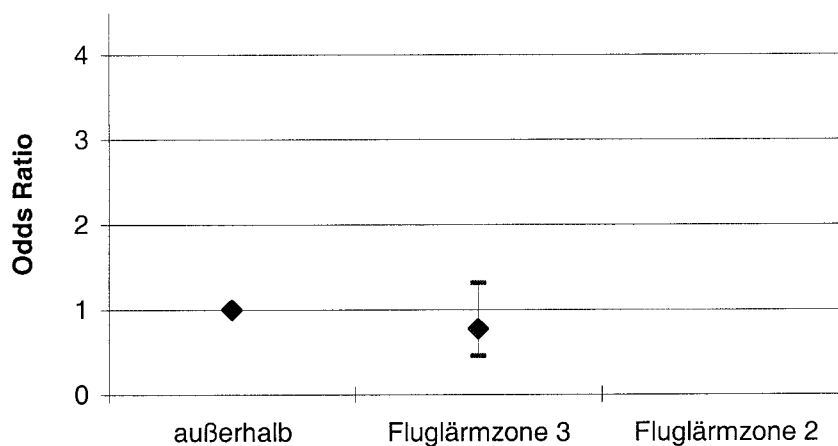


Abb. 9.57 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit von den Fluglärmszonen (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigten keine beachtenswerte Abhängigkeit der Migränebehandlungen von den Fluglärmszonen. Für die Fluglärmszone 2 lagen nicht genügend gültige Fälle vor.

### Subjektive Störung durch Lärm am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.39 zusammengefasst.

Tab. 9.39 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

56,1 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Wenig gestört					1,000		
Straßenverkehr	0,637	0,305	1	0,037	1,890		
Flugverkehr	0,316	0,289	1	0,271	1,372		
beides	-0,656	0,464	1	0,157	0,519		
Alter	-0,056	0,012	1	0,000	0,946	0,924	0,968
Lärmempfindlich- keitsindex	0,081	0,028	1	0,003	1,085	1,027	1,045
Tabakkonsum	-1,248	0,534	1	0,020	0,287	0,101	0,818
Erfragter Hörschaden	0,621	0,292	1	0,034	1,861	1,049	3,301

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne zeigte einen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm am Tag. Die Schallbelastung verblieb im reduzierten Modell. Die ärztliche Behandlung von Migräne wurden signifikant

durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Lärmempfindlichkeit“, „Tabakkonsum“ und „Erfragter Hörschaden“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektiv empfundene Störung durch Lärm am Tag im reduzierten Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.58).

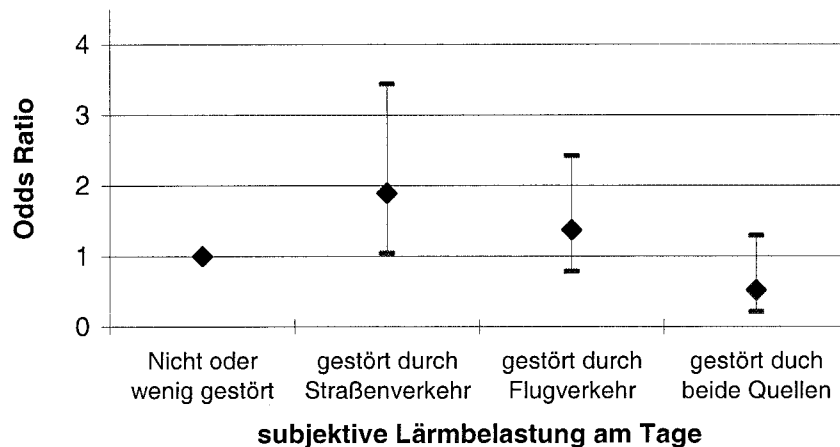


Abb. 9.58 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigten im Vergleich zu wenig gestörten Probanden, dass das Risiko für eine ärztliche Behandlung aufgrund von Migräne für Personen signifikant erhöht war, die sich am Tag durch Straßenverkehrslärm stark gestört fühlten ( $OR = 1,9$ ;  $p = 0,037$ ). Für Fluglärm war in der Stichprobe ebenfalls eine Zunahme des geschätzten relativen Risikos für Probanden zu verzeichnen, die eine starken Störung angaben ( $OR = 1,4$ ), der Befund war jedoch nicht signifikant. Bei Störung durch beide Quellen war das Risiko jedoch deutlich geringer als in der Referenzgruppe ( $OR = 0,5$ ).

### Subjektive Störung durch Lärm in der Nacht

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.40 zusammengefasst.

Tab. 9.40 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

56,8 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	-0,043	0,011	1	0,000	0,958	0,938	0,979
Lärmempfindlich- keitsindex	0,079	0,026	1	0,002	1,083	1,029	1,139
Tabakkonsum	-1,185	0,528	1	0,025	0,306	0,109	0,860
Jahreszeit Winter	-0,391	0,224	1	0,081	0,676	0,436	1,049

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Lärmempfindlichkeit“ und „Tabakkonsum“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektiv empfundene Störung durch Lärm in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.59).

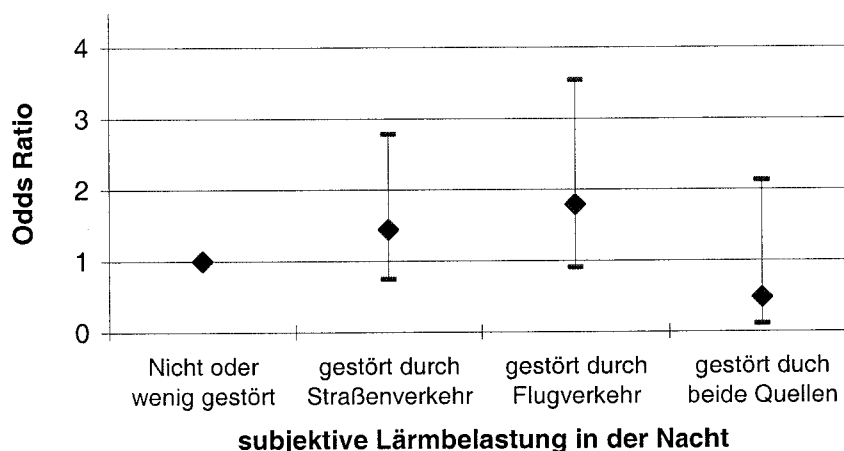


Abb. 9.59 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigten im Vergleich zu den wenig gestörten Probanden, dass in der Stichprobe das Risiko für ärztliche Migränebehandlungen für Personen deutlich erhöht war, die sich in der Nacht durch Fluglärm stark gestört fühlten (OR = 1,8;  $p = 0,094$ ). Für Straßenverkehrslärm war ebenfalls eine Zunahme des geschätzten relativen Risikos für Probanden zu verzeichnen, die eine starken Störung angaben (OR = 1,4). Bei einer Störung durch beide Quellen war das Risiko dagegen deutlich geringer als in der Referenzgruppe (OR = 0,5).

## Lebenszeit-Prävalenz: Migränebehandlungen

Mit der Frage „Hat ein Arzt bei Ihnen jemals Migräne festgestellt“ wurde die Lebenszeit-Prävalenz in Abhängigkeit von der „objektiven“ Schallbelastung durch Straßenverkehr (Schallpegel nach Lärmkarte), den Fluglärmmzonen sowie der subjektiven Störung durch Lärm analysiert. Mit Hilfe der logistischen Regression wurden Odds-Ratios (OR) berechnet. In die Regressionsmodelle wurden 12 Kontrollvariablen (vgl. Kapitel 8.1) aufgenommen.

### Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.41 zusammengefasst.

Tab. 9.41 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

70,4 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	-0,016	0,007	1	0,027	0,984	0,970	0,998
Lärmempfindlich- keitsindex	0,063	0,017	1	0,000	1,065	1,031	1,100
Tabakkonsum	-0,584	0,255	1	0,022	0,557	0,338	0,918

Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlungen von Migräne zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Lärmempfindlichkeit“ und „Tabakkonsum“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung durch Straßenverkehr im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.60).

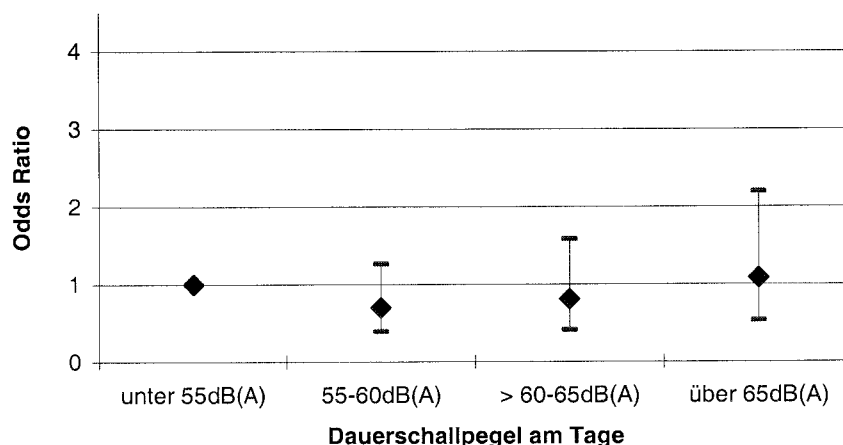


Abb. 9.60 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios lassen nicht erkennen, dass das Risiko für Migränebehandlungen für Personengruppen erhöht war, an deren Wohnadresse ein Dauerschallpegel über 55 dB(A) am Tag ermittelt wurde.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.61). Ein Hinweis auf ansteigende relative Risiken mit steigendem Tages-Dauerschallpegel an der Wohnadresse, war auch in der Teilstichprobe nicht zu erkennen.

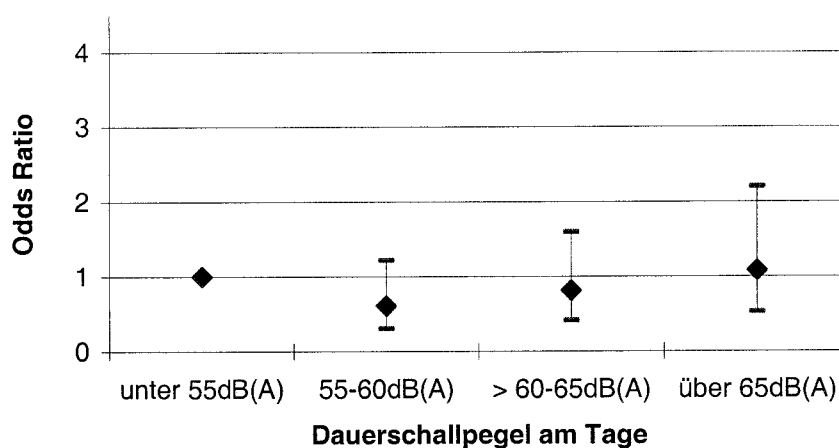


Abb. 9.61 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen)

### Nächtliche Schallbelastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.42 zusammengefasst.

Tab. 9.42 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

70,4 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Unter 50 dB(A)					1,000		
50-55 dB(A)	-0,054	0,221	1	0,807	0,947	0,0614	1,461
Über 55 dB(A)	0,510	0,269	1	0,058	1,666	0,983	2,823
Alter	-0,016	0,007	1	0,031	0,984	0,970	0,998
Lärmempfindlich- keitsindex	0,063	0,017	1	0,000	1,065	1,031	1,101
Tabakkonsum	-0,599	0,255	1	0,019	0,549	0,333	0,906

Die Lebenszeit -Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht. Die nächtliche Schallbelastung verblieb aber aufgrund der gesetzten Ein- und Ausschlusskriterien im reduzierten Modell. Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Lärmempfindlichkeit“, und „Tabakkonsum“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung durch Straßenverkehr im reduzierten Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.62).

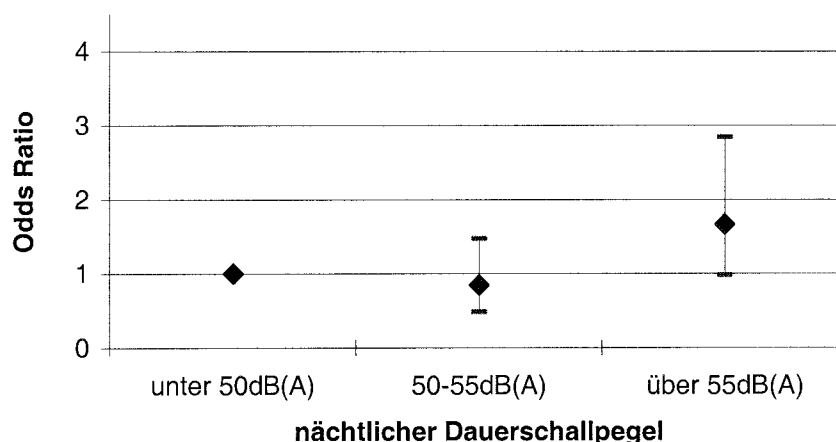


Abb. 9.62 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe)

In der Pegelklasse über 55 dB(A) war das Risiko für eine ärztliche Migränebehandlung in der Gesamtstichprobe erheblich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) (OR = 1,7). Die statistische Signifikanz wurde nur knapp verfehlt ( $p = 0,058$ ). Die adjustierten Odds-Ratios lassen keine eindeutige Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs erkennen.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.63). In der Pegelklasse über 55 dB(A) war auch in der Teilstichprobe das Risiko für ärztliche Migränebehandlungen erheblich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) (OR = 1,7). Die statistische Signifikanz wurde auch hier nur knapp verfehlt ( $p = 0,057$ ). Eine eindeutige Dosis-Wirkungs-Beziehung ließ sich auch hier nicht erkennen.

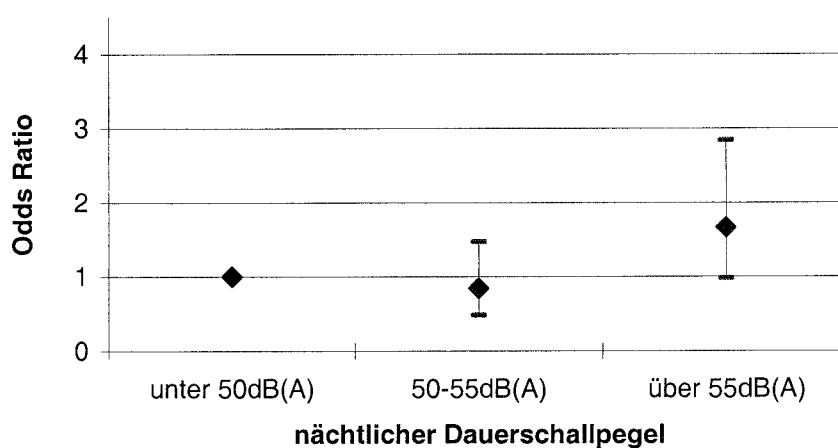


Abb. 9.63 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen)

### Fluglärmmzonen

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.43 zusammengefasst.

Tab. 9.43 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

69,3 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	-0,014	0,007	1	0,054	0,986	0,972	1,001
Lärmempfindlich- keitsindex	0,066	0,017	1	0,000	1,064	1,034	1,104
Alkoholkonsum	-0,484	0,214	1	0,024	0,616	0,406	0,937

Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlung von Migräne zeigte keine signifikante Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Lärmempfindlichkeit“ und „Alkoholkonsum“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Fluglärmmzonen im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.64).

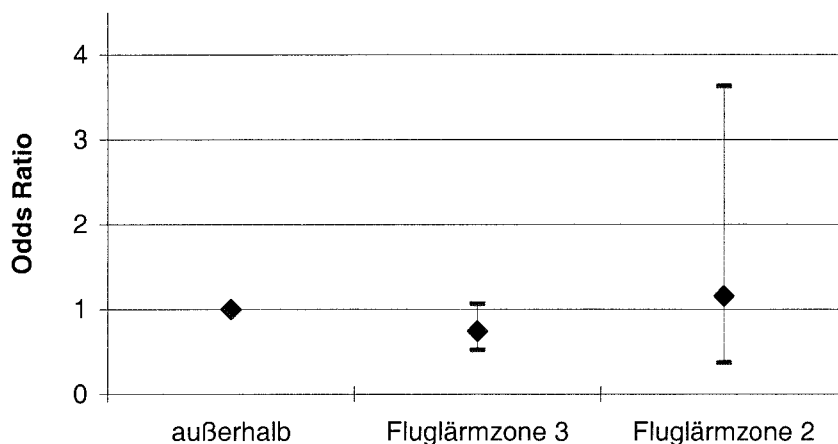


Abb. 9.64 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios widersprechen der Annahme, dass das Risiko für Migränebehandlungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen erhöht ist.

### Subjektive Störung durch Lärm am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.44 zusammengefasst.

Tab. 9.44 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

62,3 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	-0,016	0,008	1	0,046	0,984	0,964	1,000
Lärmempfindlich- keitsindex	0,061	0,018	1	0,001	1,062	1,026	1,100
Alkoholkonsum	-0,495	0,229	1	0,031	0,610	0,389	0,955

Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlung von Migräne zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm am Tag. Sie wurde signifikant nur



durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Lärmempfindlichkeit“ und „Alkoholkonsum“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektiv empfundene Störung durch Lärm am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.65).

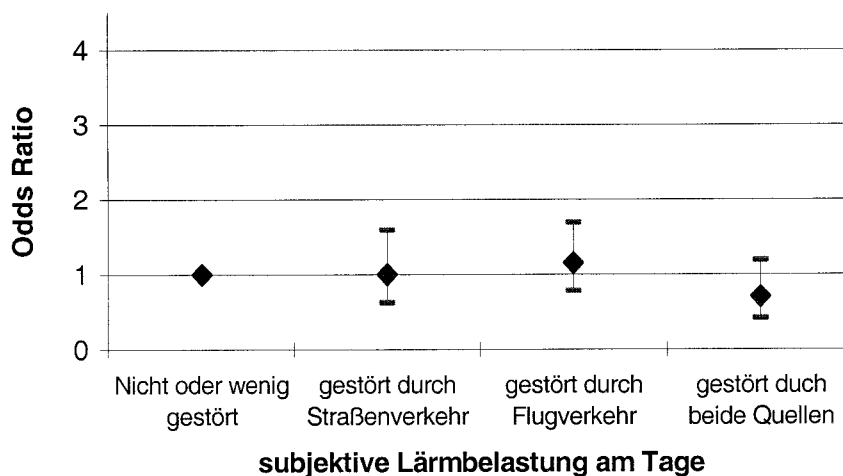


Abb. 9.65 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios widersprechen der Annahme, dass das Risiko für ärztliche Behandlung von Migräne bei Personengruppen erhöht war, die sich am Tag durch Straßenverkehrslärm oder durch Fluglärm stark gestört fühlten.

### Subjektive Störung durch Lärm in der Nacht

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in der Tab. 9.45 zusammengefasst.

Tab. 9.45 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

63,4 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Lärmempfindlich- keitsindex	0,068	0,032	1	0,034	1,071	1,005	1,141
Sport	-1,164	0,603	1	0,054	0,312	0,096	1,018

Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlung von Migräne zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Lärmempfindlichkeit“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektiv empfundene Störung durch Lärm in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.66).

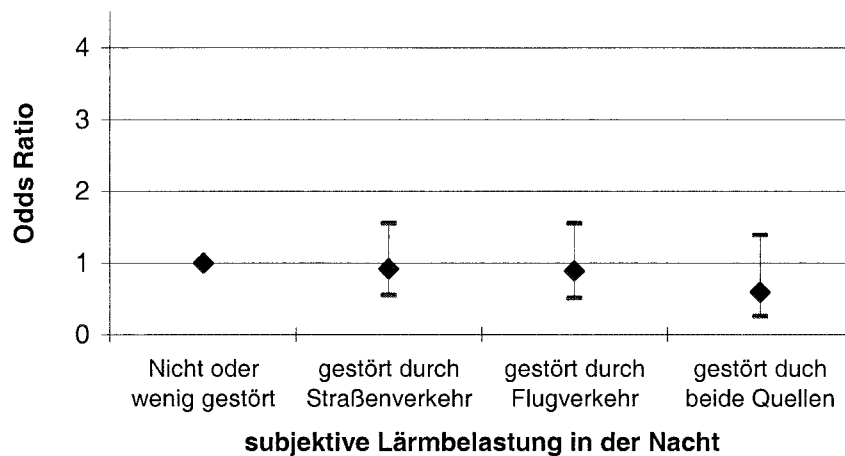


Abb. 9.66 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios lassen im Vergleich zu wenig gestörten Probanden nicht erkennen, dass das Risiko für ärztliche Behandlungen von Migräne für Personen erhöht war, die sich in der Nacht durch Straßenverkehrslärm oder durch Fluglärm stark gestört fühlten.

## 9.2 Stoffwechsel

Unter dem Begriff Stoffwechsel wurde die Prävalenz für ärztliche Behandlungen aufgrund von Zuckerkrankheit (Diabetes mellitus) und erhöhten Blutfetten (Gesamtcholesterin) im 9. Durchgang des SGS ausgewertet (Perioden-Prävalenz). Zusätzlich wurde die Häufigkeit ärztlicher Behandlungen im Laufe des Lebens (Lebenszeit-Prävalenz) analysiert.

### 9.2.1 Diabetes mellitus ohne Insulinbehandlung

Mit der Frage „Waren Sie seit der letzten Untersuchung (seit 2 Jahren) wegen Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in ärztlicher Behandlung“ wurde die Perioden-Prävalenz der ärztlichen Behandlung einer Zuckerkrankheit in Abhängigkeit von der „objektiven“ Schallbelastung durch Straßenverkehr (Schallpegel nach Lärmkarte), den Fluglärmzonen sowie der subjektiven Störung durch Lärm analysiert. Mit Hilfe der logistischen Regression wurden Odds-Ratios (OR) berechnet. In die Regressionsmodelle wurden 12 Kontrollvariablen (vgl. Kapitel 8.1) aufgenommen.

#### Tagesbelastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.46 zusammengefasst.

Tab. 9.46 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

78,6 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,036	0,013	1	0,008	1,036	1,009	1,064
Alkoholkonsum	0,696	0,285	1	0,015	2,005	1,147	3,505
Jahreszeit	0,540	0,269	1	0,045	1,717	1,012	2,910

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Alkoholkonsum“ und „Jahreszeit der Untersuchung“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.67).

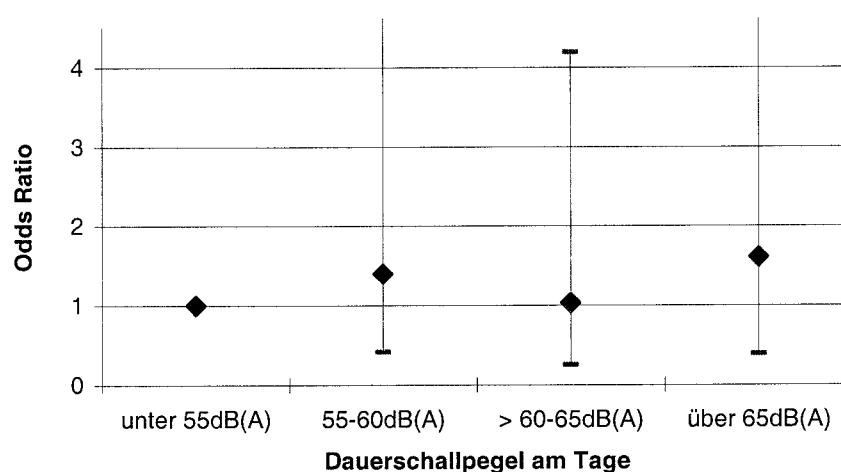


Abb. 9.67 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit von der Schallwahrnehmung am Tag (Gesamtstichprobe)

In der Stichprobe war eine Erhöhung des geschätzten relativen Risikos für ärztliche Diabetesbehandlung für Probanden zu verzeichnen, die an ihrem Wohnort Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 65 dB(A) oder mehr ausgesetzt waren (OR = 1,6). Die adjustierten Odds-Ratios lassen keine klare Dosis-Wirkungs-Beziehung erkennen.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.68). Auch in der Teilstichprobe war eine Erhöhung des geschätzten relativen Risikos für ärztliche Diabetesbehandlung für Personen zu verzeichnen, die an ihrem Wohnort Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 65 dB(A) oder mehr ausgesetzt waren (OR = 1,5). Eine Dosis-Wirkungs-Beziehung war nicht zu erkennen.

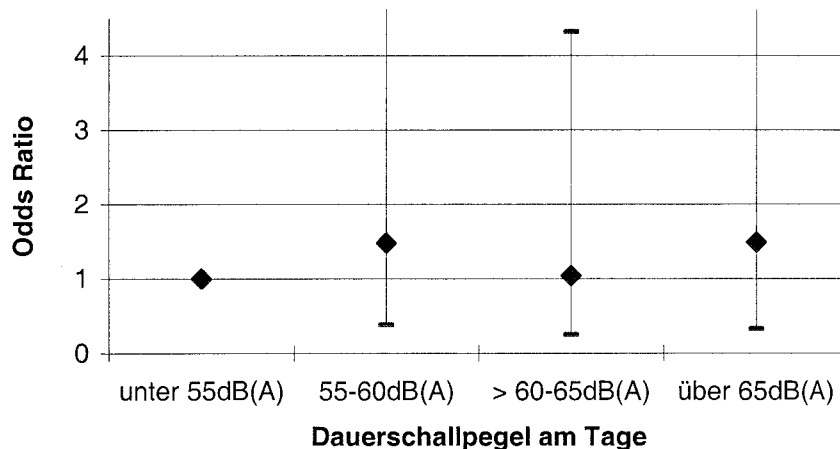


Abb. 9.68 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen)

### Nächtliche Belastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.47 zusammengefasst.

Tab. 9.47 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

77,5 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,036	0,013	1	0,008	1,036	1,009	1,064
Alkoholkonsum	0,696	0,285	1	0,015	2,005	1,147	3,505
Jahreszeit	0,540	0,269	1	0,045	1,717	1,012	2,910

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch

Straßenverkehr in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Alkoholkonsum“ und „Jahreszeit“ der Untersuchung beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.69).

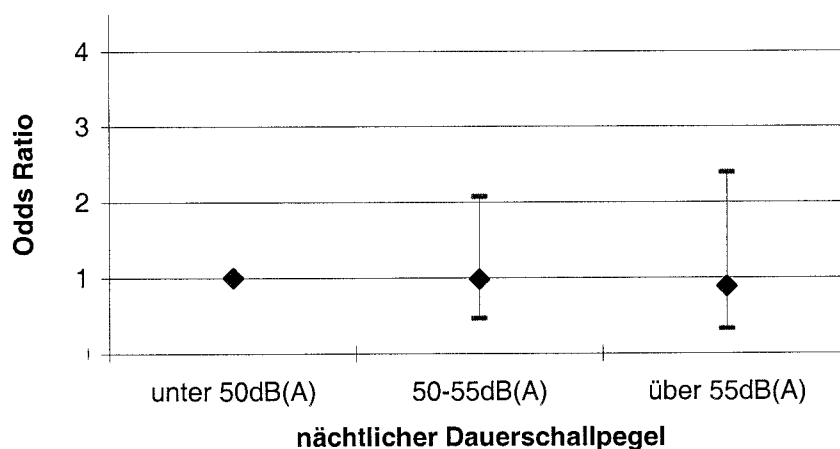


Abb. 9.69 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Kovariation mit der Schallbelastung in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios lassen keinen Zusammenhang mit der nächtlichen Schallbelastung durch Straßenverkehr erkennen.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.70). Die adjustierten Odds-Ratios lassen keinen auffälligen Zusammenhang mit der nächtlichen Schallbelastung durch Straßenverkehr erkennen

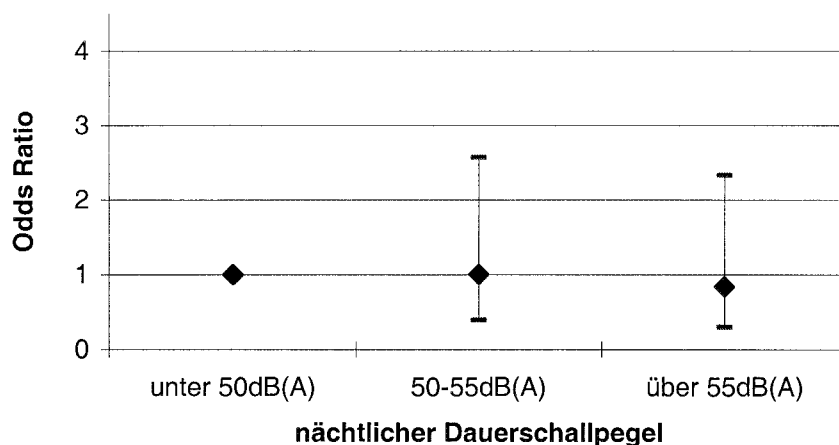


Abb. 9.70 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen)

### Fluglärmzonen

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit von den Fluglärmzonen und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.48 zusammengefasst.

Tab. 9.48 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit von den Fluglärmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

76,4 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,035	0,013	1	0,009	1,036	1,009	1,064
Alkoholkonsum	0,649	0,290	1	0,025	1,914	1,084	3,380
Jahreszeit Winter	0,524	0,270	1	0,053	1,689	0,994	2,869

Die ärztliche Behandlung von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) zeigte keine signifikante Abhängigkeit von den Fluglärmzonen. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Alkoholkonsum“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Fluglärmzonen im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.71).

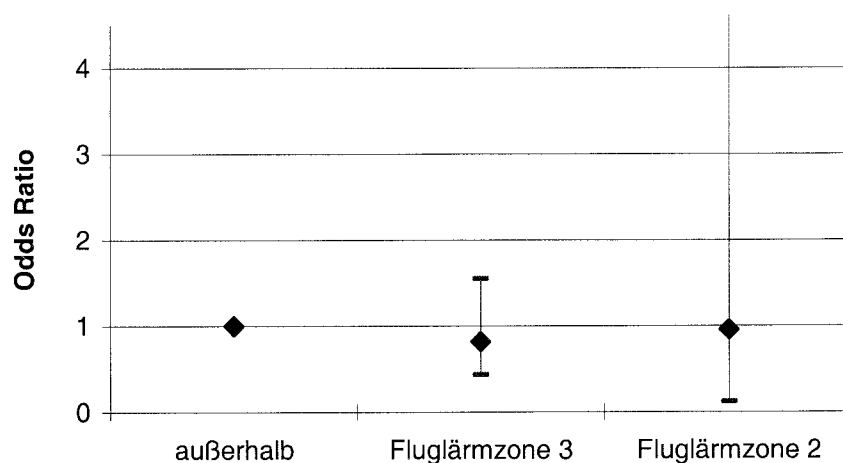


Abb. 9.71 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit von den Fluglärmszonen (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios lassen keine Abhängigkeit von den Fluglärmszonen erkennen.

### Subjektive Störung durch Lärm am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.49 zusammengefasst.

Tab. 9.49 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

68,9 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,041	0,015	1	0,007	1,042	1,011	1,073
Alkoholkonsum	0,661	0,318	1	0,038	1,938	1,039	3,615
Jahreszeit Winter	0,520	0,297	1	0,080	1,682	0,939	3,014

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm am Tag. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Alkoholkonsum“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.72).

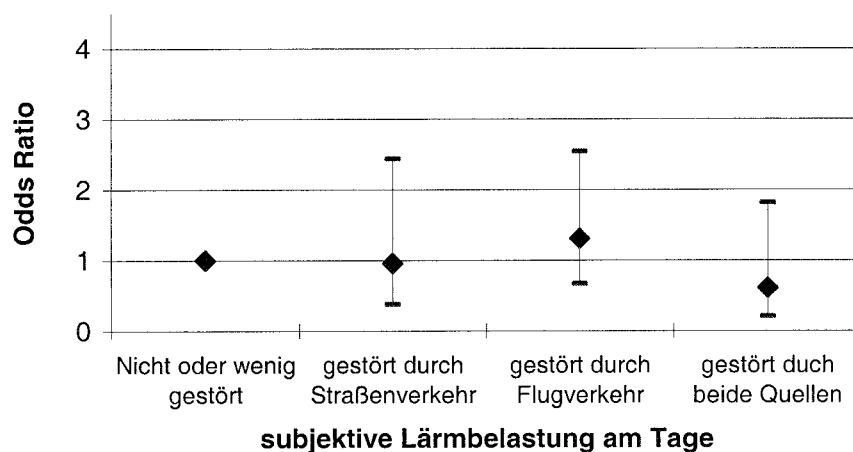


Abb. 9.72 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe)

Für Personen, die sich durch Fluglärm stark gestört fühlten, war im Vergleich zu wenig gestörten Probanden eine geringe Zunahme des geschätzten relativen Risikos zu verzeichnen ( $OR = 1,3$ ). Für Personen, die sich sowohl durch Straßenverkehrslärm als auch durch Fluglärm stark gestört fühlten (Belastungsklasse „beide Quellen“), zeigte sich dagegen ein präventiver Effekt ( $OR = 0,6$ ).

### Subjektive Störung durch Lärm in der Nacht

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.50 zusammengefasst.

Tab. 9.50 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

70,1 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,043	0,016	1	0,005	1,044	1,013	1,077
Alkoholkonsum	0,552	0,325	1	0,089	1,736	0,919	3,281
Jahreszeit Winter	0,522	0,297	1	0,063	1,738	0,970	3,112

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Verkehrslärm in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Alter“ beeinflusst.



Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.73).

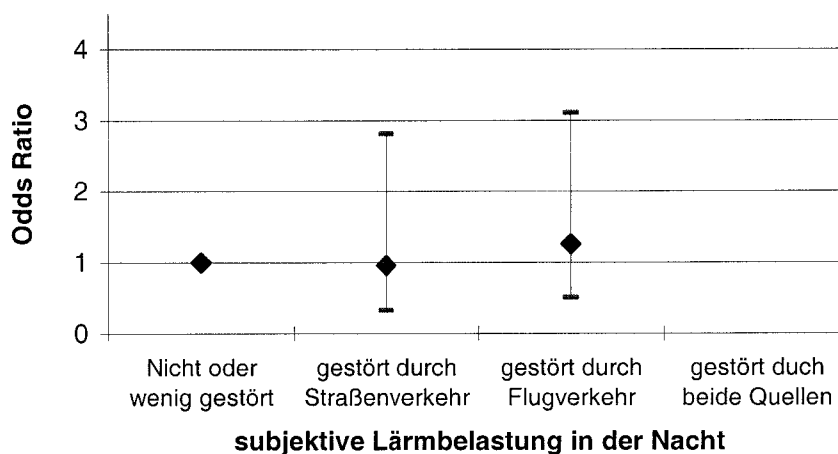


Abb. 9.73 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Für Personen, die sich durch Fluglärm stark gestört fühlten, war im Vergleich zu den wenig gestörten Probanden eine geringe Zunahme des geschätzten relativen Risikos zu verzeichnen ( $OR = 1,2$ ). Für Personen, die sich sowohl durch Straßenverkehrslärm als auch durch Fluglärm stark gestört fühlten (Belastungsklasse „beide Quellen“), lagen nicht genügend gültige Fälle vor.

### Lebenszeit-Prävalenz: Diabetes mellitus Behandlungen

Mit der Frage „Hat ein Arzt bei Ihnen jemals eine Zuckerkrankheit (ohne Insulinbehandlung) festgestellt“ wurde die Lebenszeit-Prävalenz in Abhängigkeit von der „objektiven“ Schallbelastung durch Straßenverkehr (Schallpegel nach Lärmkarte), den Fluglärmzonen sowie der subjektiven Störung durch Lärm analysiert. Mit Hilfe der logistischen Regression wurden Odds-Ratios (OR) berechnet. In die Regressionsmodelle wurden 12 Kontrollvariablen (vgl. Kapitel 8.1) aufgenommen.

#### Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag ist in Tab. 9.51 zusammengefasst.

Tab. 9.51 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

77,5 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,034	0,012	1	0,007	1,034	1,009	1,059
Body Mass. Index	0,055	0,031	1	0,077	1,057	0,994	1,124
Alkoholkonsum	0,631	0,264	1	0,017	1,879	1,121	3,150

Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlung von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Alter“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.74).

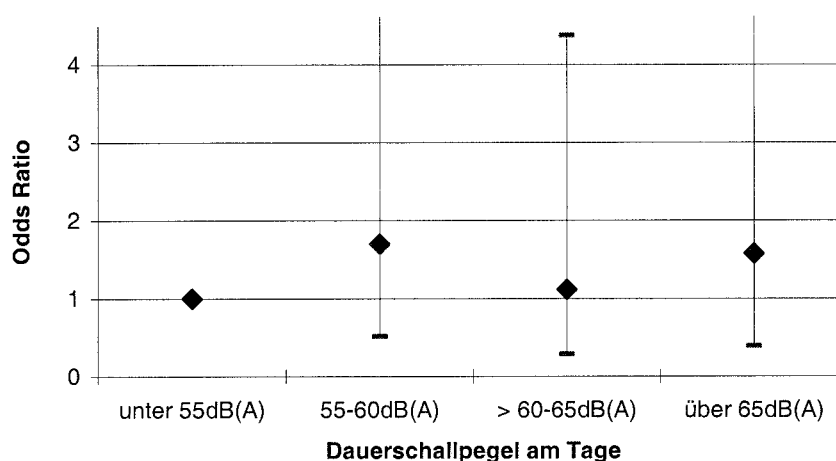


Abb. 9.74 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit von der Schallbelastung am Tag (Gesamtstichprobe)

In der Stichprobe war eine Erhöhung des geschätzten relativen Risikos für eine ärztliche Diabetesbehandlung für Personen zu verzeichnen, die an ihrem Wohnort Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 55-60 dB(A) oder Dauerschallpegeln von über 65 dB(A) ausgesetzt waren (OR = 1,7; OR = 1,6). Die adjustierten Odds-Ratios lassen im untersuchten Pegelbereich keine Dosis-Wirkungs-Beziehung erkennen.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.75). In der Teilstichprobe war ebenfalls eine Erhöhung des geschätzten relativen Risikos für eine ärztliche Behandlung aufgrund von Bluthochdruck für Personen zu verzeichnen, die an ihrem Wohnort Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 55-60 dB(A) oder Dauerschallpegeln

von über 65 dB(A) ausgesetzt waren (OR = 1,6; OR = 1,4). Eine Dosis-Wirkungs-Beziehung lässt sich auch hier nicht erkennen.

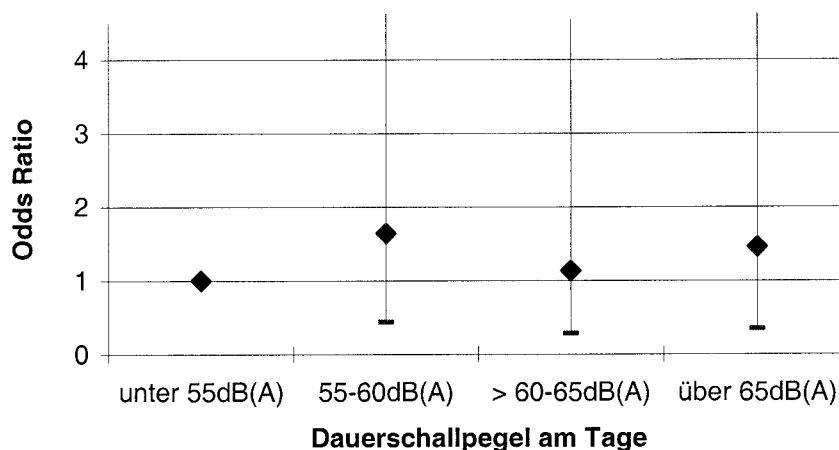


Abb. 9.75 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen)

### Nächtliche Schallbelastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.52 zusammengefasst.

Tab. 9.52 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

77,5 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,034	0,012	1	0,007	1,034	1,009	1,059
Body Mass. Index	0,055	0,031	1	0,077	1,057	0,994	1,124
Alkoholkonsum	0,631	0,264	1	0,017	1,879	1,121	3,150

Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlung von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Alkoholkonsum“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.76).

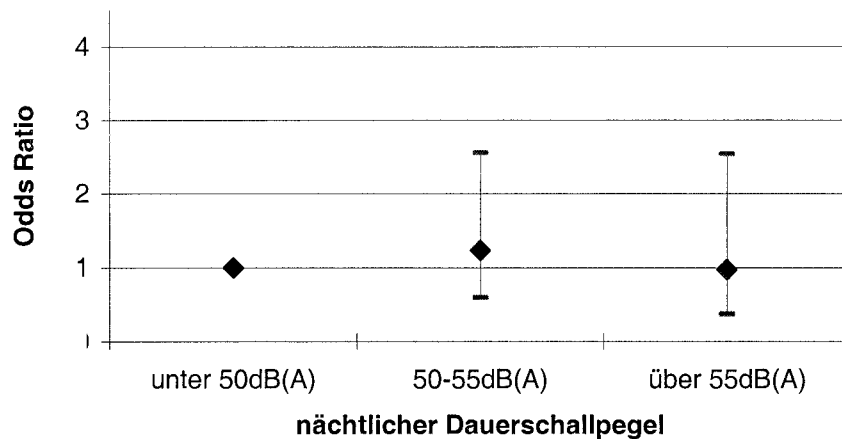


Abb. 9.76 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios lassen keinen auffälligen Zusammenhang mit der nächtlichen Schallbelastung durch Straßenverkehr erkennen.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.77). Die adjustierten Odds-Ratios ließen auch in der Teilstichprobe keinen Zusammenhang mit der nächtlichen Schallbelastung durch Straßenverkehr erkennen.

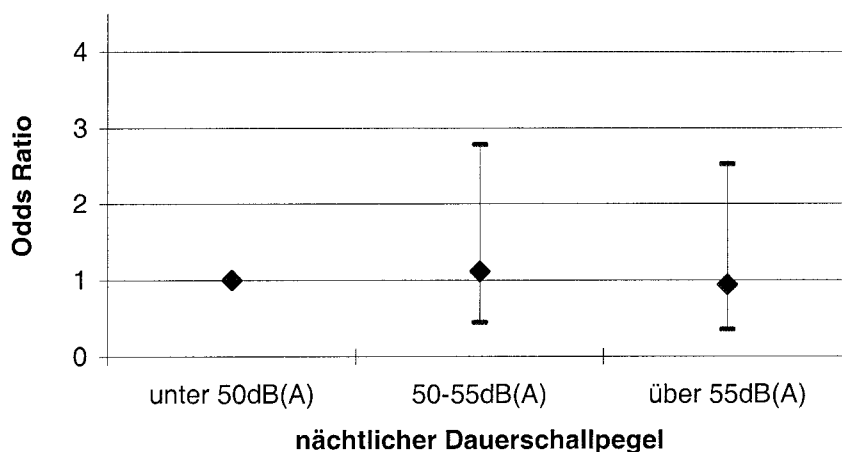


Abb. 9.77 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen)

### Fluglärmzonen

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.53 zusammengefasst.

Tab. 9.53 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und (Gesamtstichprobe)

63 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,033	0,012	1	0,007	1,034	1,009	1,059
Body Mass Index	0,054	0,031	1	0,085	1,056	0,993	1,123
Alkoholkonsum	0,593	0,268	1	0,027	1,810	1,071	3,060

Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlung von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) zeigte keine signifikante Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Alkoholkonsum“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Fluglärmmzonen im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.78).

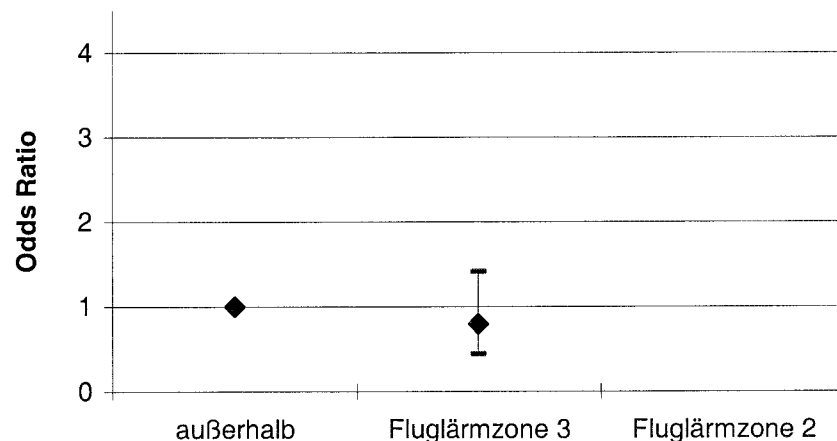


Abb. 9.78 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigten keine beachtenswerte Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen. Für die Fluglärmmzone 2 lagen nicht genügend gültige Fälle vor.

### Subjektive Störung durch Lärm am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit von der

subjektiven Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.54 zusammengefasst.

Tab. 9.54 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

68,9 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,034	0,014	1	0,015	1,035	1,007	1,064
Body Mass Index	0,060	0,035	1	0,085	1,061	0,992	1,136
Alkoholkonsum	0,560	0,296	1	0,058	1,751	0,980	3,127

Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlung von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm am Tag. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Alter“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung durch Lärm am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.79).

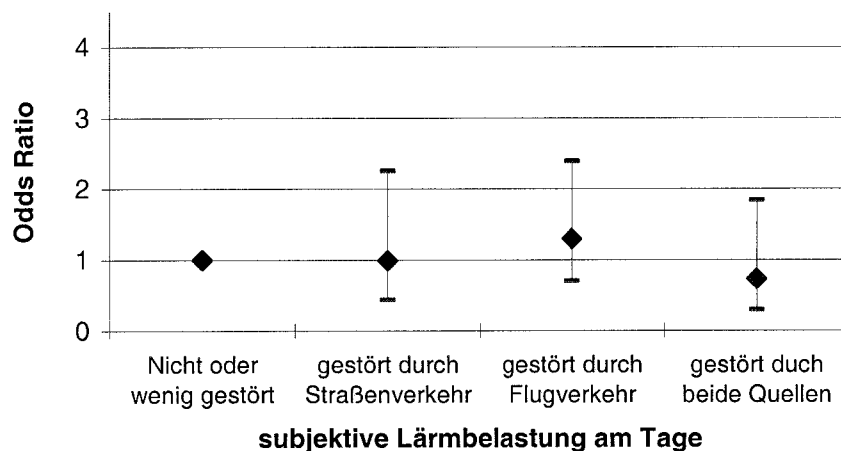


Abb. 9.79 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios lassen nicht erkennen, dass das Risiko für eine ärztliche Behandlung von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Personengruppen erhöht ist, die sich am Tag durch Straßenverkehrslärm stark gestört fühlten. Für Personen, die sich durch Fluglärm stark gestört fühlten, war im Vergleich zu den wenig gestörten Probanden eine geringe Zunahme des geschätzten relativen Risikos zu verzeichnen ( $OR = 1,2$ ). Für Personen, die sich sowohl durch Straßenverkehrslärm als auch durch Fluglärm stark gestört fühlten (Belastungskategorie „beide Quellen“), zeigte sich dagegen ein präventiver Effekt ( $OR = 0,7$ ).

### Subjektive Störung durch Lärm in der Nacht

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.55 zusammengefasst.

Tab. 9.55 Odds-Ratios im reduzierten Modell Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

70,1 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,031	0,013	1	0,021	1,031	1,005	1,059
Body Mass Index	0,064	0,033	1	0,054	1,067	1,067	1,139

Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlung von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm am Tag. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariable „Alter“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung durch Lärm am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.80).

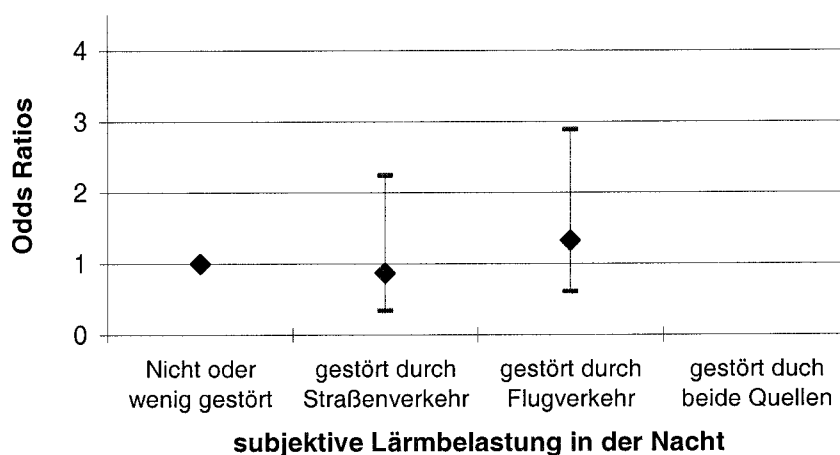


Abb. 9.80 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigen, dass das Risiko für eine ärztliche Behandlung von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in der Gesamtstichprobe für die Personen leicht erhöht war, die sich in der Nacht durch Fluglärm stark belastet fühlten (OR = 1,3). Für Personen, die sich sowohl durch Straßenverkehrslärm als auch durch Fluglärm stark gestört fühlten (Belastungsklasse „beide Quellen“), lagen nicht genügend gültige Fälle vor.

## 9.2.2 Erhöhte Blutfette, erhöhtes Cholesterin

Mit der Frage „Waren Sie seit der letzten Untersuchung (seit 2 Jahren) wegen erhöhten Blutfetten in ärztlicher Behandlung“ wurde die Perioden-Prävalenz der ärztlichen Behandlung einer Fettstoffwechselstörung in Abhängigkeit von der „objektiven“ Schallbelastung durch Straßenverkehr (Schallpegel nach Lärmkarte), den Fluglärmmzonen sowie der subjektiven Störung durch Lärm analysiert. Mit Hilfe der logistischen Regression wurden Odds-Ratios (OR) berechnet. In die Regressionsmodelle wurden 12 Kontrollvariablen (vgl. Kapitel 8.1) aufgenommen.

### Tagesbelastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag ist in Tab. 9.56 zusammengefasst.

Tab. 9.56 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

69,2 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,018	0,007	1	0,008	1,018	1,005	1,031
Body Mass Index	0,050	0,018	1	0,005	1,051	1,015	1,189
Sozio-ökonom. Index	-0,121	0,064	1	0,057	0,886	0,782	1,004
Verlust des Ehepartners	-0,387	0,171	1	0,023	0,679	0,486	0,949
Jahreszeit	0,683	0,130	1	0,000	1,979	1,534	2,553

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Body Mass Index“, „Verlust des Ehepartners“ und „Jahreszeit der Untersuchung“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.81).



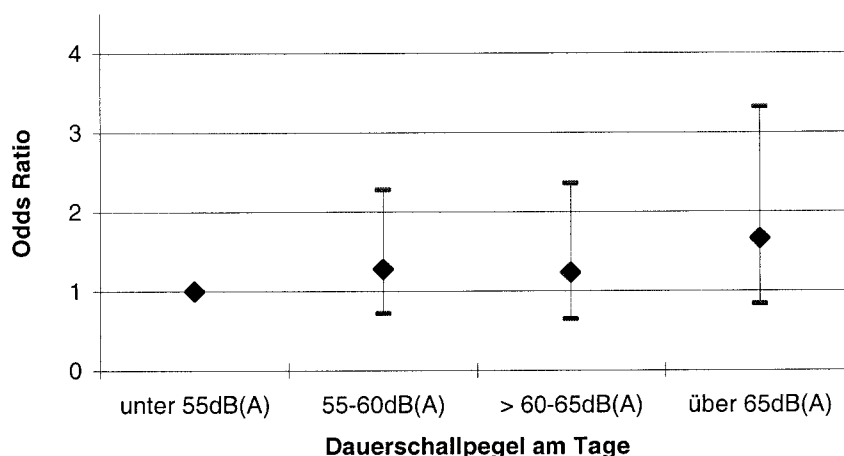


Abb. 9.81 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der Schallwahrnehmung am Tag (Gesamtstichprobe)

In der Pegelklasse über 65 dB(A) war das geschätzte Risiko für ärztliche Behandlungen erhöhter Blutfette in der Gesamtstichprobe deutlich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A) (OR = 1,7;  $p = 0,148$ ). Bei den adjustierten Odds-Ratios deutete sich eine Dosis-Wirkungs-Beziehung im untersuchten Pegelbereich an. Eine lineare Trendberechnung führte auf einen Anstieg der Odds-Ratios von 3 % pro dB(A).

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.82). In der Pegelklasse über 65 dB(A) war das geschätzte Risiko für ärztliche Behandlungen erhöhter Blutfette auch in dem Teilkollektiv deutlich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A) (OR = 1,7;  $p = 0,129$ ). Die adjustierten Odds-Ratios unterstützen die Annahme, dass eine Dosis-Wirkungs-Beziehung vorliegt. Eine lineare Trendberechnung führte auf einen Anstieg der Odds-Ratios von 4 % pro dB(A).

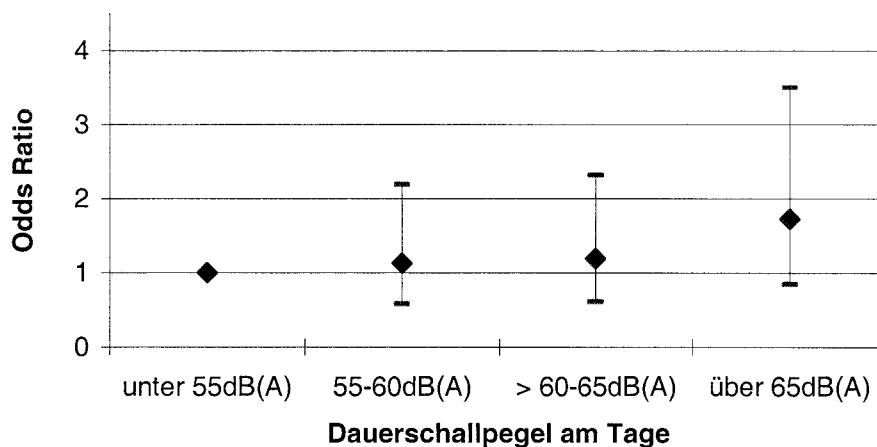


Abb. 9.82 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen)

### Nächtliche Belastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht ist in Tab. 9.57 zusammengefasst.

Tab. 9.57 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

69,2 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,018	0,007	1	0,008	1,018	1,005	1,031
Body Mass Index	0,050	0,018	1	0,005	1,051	1,015	1,189
Sozio-ökonom. Index	-0,121	0,064	1	0,057	0,886	0,782	1,004
Verlust des Ehepartners	-0,387	0,171	1	0,023	0,679	0,486	0,949
Jahreszeit Winter	0,683	0,130	1	0,000	1,979	1,534	2,553

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Body Mass Index“, „Verlust des Ehepartners“ und „Jahreszeit der Untersuchung“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.83).

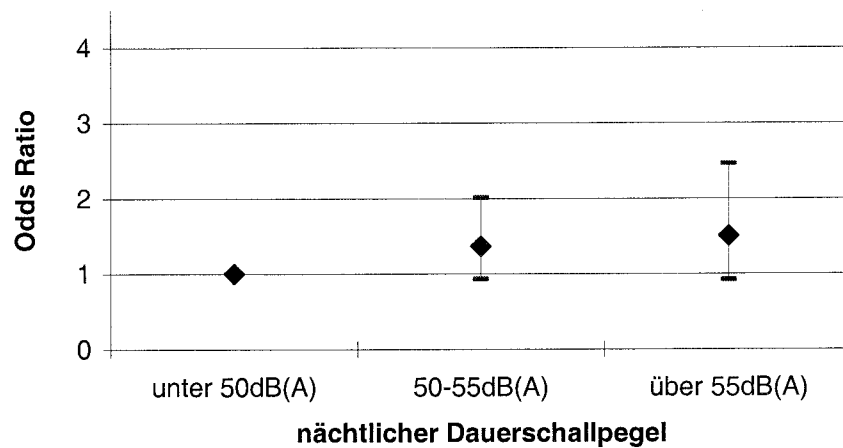


Abb. 9.83 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der Schallbelastung in der Nacht (Gesamtstichprobe)

In der Pegelklasse über 55 dB(A) war das geschätzte Risiko für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in der Gesamtstichprobe deutlich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) ( $OR = 1,5$ ). Die statistische Signifikanz wurde nur knapp verfehlt ( $p = 0,079$ ). Die adjustierten Odds-Ratios zeigten insgesamt eine klare Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs. Eine lineare Trendberechnung führte auf einen Anstieg der Odds-Ratios von 5 % pro dB(A).

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.84). In der Pegelklasse über 55 dB(A) war auch in der Teilstichprobe das Risiko für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten deutlich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) ( $OR = 1,5$ ;  $p = 0,111$ ). Die Annahme für das Vorliegen einer Dosis-Wirkungs-Beziehung wurde unterstützt. Eine lineare Trendberechnung führte auf einen Anstieg der Odds-Ratios von 5 % pro dB(A).

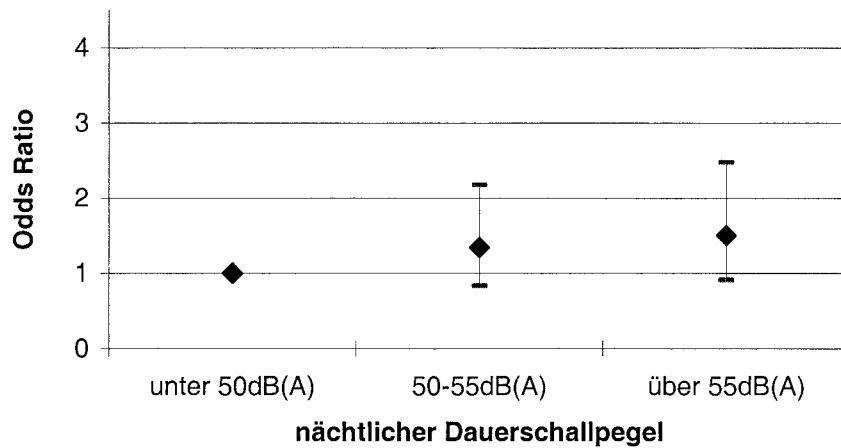


Abb. 9.84 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen)

Bei den vorangegangenen Analysen wurden auch Probanden berücksichtigt, die in den letzten 2 Jahren umgezogen waren. Wurden diese Probanden von der Analyse ausgeschlossen, so ergab sich ein geringfügig verändertes Bild in Richtung der Arbeitshypothese (Tab. 9.58).

Tab. 9.58 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (kein Umzug)

55,1 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,014	0,007	1	0,058	1,014	1,000	1,029
Body Mass Index	0,052	0,020	1	0,008	1,053	1,014	1,095
Verlust des Ehepartners	-0,394	0,188	1	0,036	0,674	0,467	0,974
Jahreszeit Winter	0,729	0,144	1	0,000	2,073	1,562	2,752

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten zeigte für Personen, die in den letzten 2 Jahren nicht umgezogen waren, keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Body Mass Index“, „Verlust des Ehepartners“ und „Jahreszeit der Untersuchung“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die nächtliche Schallbelastung durch Straßenverkehr im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.85).

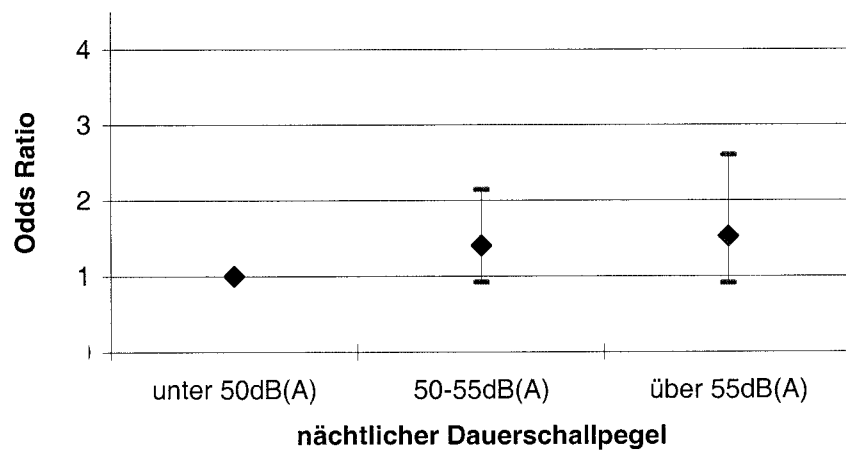


Abb. 9.85 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (kein Umzug)

In der Pegelklasse über 55 dB(A) war das Risiko für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten deutlich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) ( $OR = 1,5$ ;  $p = 0,106$ ). Für die Pegelklasse 50-55 dB(A) war ein relatives Risiko von 1,4 zu verzeichnen ( $p = 0,114$ ). Die adjustierten Odds-Ratios ließen eine klare Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs erkennen. Eine lineare Trendberechnung führte auf einen Anstieg der Odds-Ratios von 5 % pro dB(A).

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7) ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.86). In der Pegelklasse über 55 dB(A) war in der Teilstichprobe das Risiko für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten ebenfalls deutlich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) ( $OR = 1,6$ ;  $p = 0,104$ ). Die Odds-Ratios der Teilstichprobe unterstützen die Annahme einer Dosis-Wirkungs-Beziehung. Eine lineare Trendberechnung führte auf hier einen Anstieg von 6 % pro dB(A).

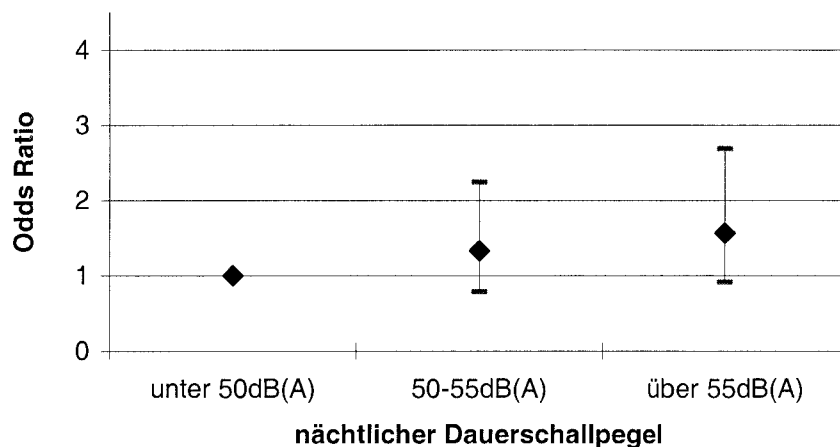


Abb. 9.86 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen; kein Umzug)

Bei den vorangegangenen Analysen wurde das Fensteröffnungsverhalten der Probanden nicht beachtet. Die Stellung der Schlafzimmerfenster ist aber ein wichtiger Moderator der nächtlichen Schallbelastung am Ohr des Schlafers (vgl. Kapitel 4.4.2).

Tab. 9.59 enthält die Ergebnisse, wenn nur Probanden in die Analyse aufgenommen wurden, die bei der Befragung (Lärmfragebogen) angaben, üblicherweise bei geöffnetem Fenster zu schlafen.

Tab. 9.59 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (geöffnetes Fenster)

14,6 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Jahreszeit Winter	0,676	0,287	1	0,019	1.966	0,119	3,454

Die Perioden-Prävalenz ärztlicher Behandlung von erhöhten Blutfetten zeigte auch dann keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht, wenn Personen betrachtet wurden, die üblicherweise mit geöffnetem Fenster schliefen. Sie wurde für diese Personengruppe signifikant durch die Kontrollvariable „Jahreszeit der Untersuchung“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die nächtliche Schallbelastung durch Straßenverkehr im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.87).

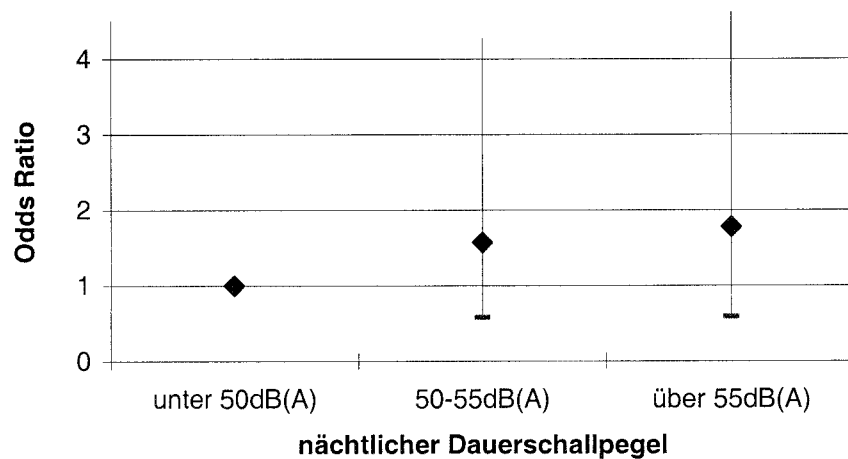


Abb. 9.87 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (geöffnetes Schlafzimmerfenster)

In der Pegelklasse über 55 dB(A) war das Risiko für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten für Personen, die mit geöffnetem Fenster schliefen, deutlich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A); (OR = 1,8)). Für die Pegelklasse 50-55 dB(A) war ein geschätztes relatives Risiko von 1,6 zu verzeichnen. Die adjustierten Odds-Ratios lassen auch für dieses Teilkollektiv eine eindeutige Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs erkennen. Eine lineare Trendberechnung führte auf einen Anstieg der Odds-Ratios von 7 % pro dB(A). Die Konfidenzintervalle für die Odds-Ratios in den Pegelklassen waren jedoch sehr groß.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich abweichende Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.88). In der Pegelklasse über 55 dB(A) war in der Stichprobe das Risiko für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten deutlich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A); (OR = 1,8)). Mit einem Odds-Ratio von 2,2 für die Pegelklasse 50-55 dB(A) wurde eine eindeutige Dosis-Wirkungs-Beziehung nicht bestätigt. Die Konfidenzintervalle für die Odds-Ratios in den Pegelklassen waren jedoch sehr groß.

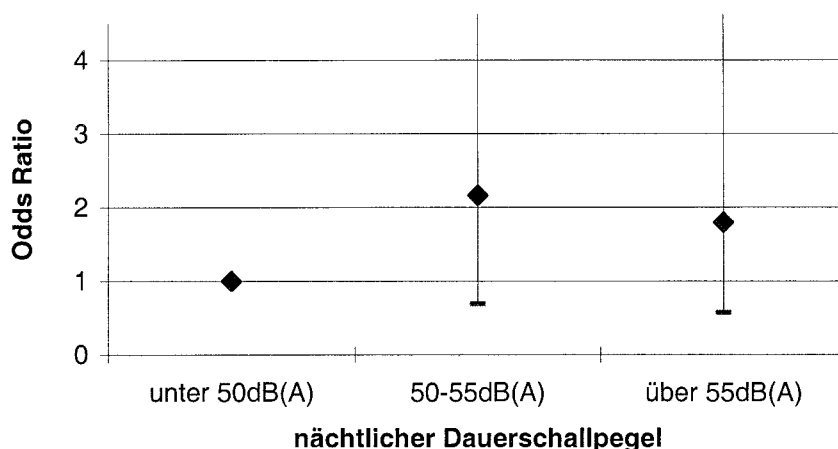


Abb. 9.88 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen; Fenster offen)

### Fluglärmzonen

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von den Fluglärmzonen und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.60 zusammengefasst.

Tab. 9.60 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von den Fluglärmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

68,1 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,017	0,007	1	0,011	1,017	1,004	1,031
Sozio-ökonom. Index	-0,126	0,064	1	0,049	0,881	0,777	1,000
Body Mass Index	0,048	0,018	1	0,007	1,050	1,014	1,087
Verlust des Ehepartners	-0,369	0,171	1	0,031	0,691	0,494	0,967
Jahreszeit	0,686	0,131	1	0,000	1,985	1,536	2,566

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten zeigte keine signifikante Abhängigkeit von den Fluglärmzonen. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“, „sozio-ökonomischer Index“, „Body Mass Index“, „Verlust des Ehepartners“ und „Jahreszeit der Untersuchung“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Fluglärmzonen im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.89).



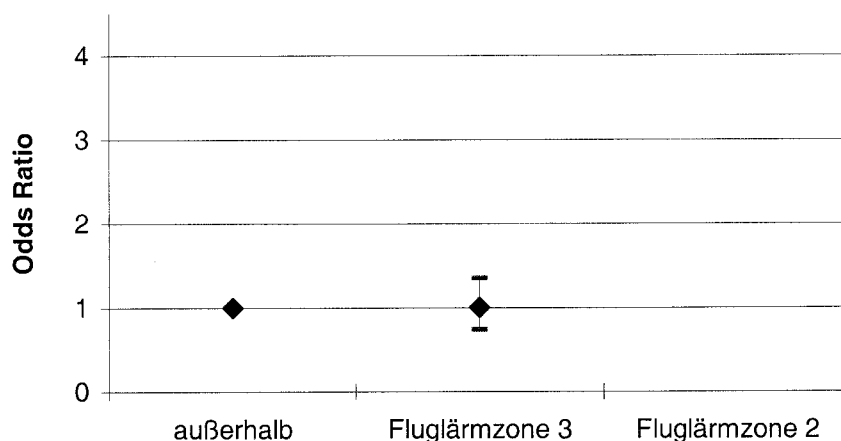


Abb. 9.89 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von den Fluglärmszonen (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios lassen keine Abhängigkeit von den Fluglärmszonen erkennen. Für die Fluglärmszone 2 lagen nicht genügend gültige Fälle vor.

### Subjektive Störung durch Lärm am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.61 zusammengefasst.

Tab. 9.61 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

61,5 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,018	0,007	1	0,015	1,018	1,003	1,032
Body Mass Index	0,052	0,019	1	0,007	1,053	1,015	1,194
Sozio-ökonom. Index	-0,116	0,068	1	0,089	0,890	0,779	1,018
Verlust des Ehepartners	-0,402	0,182	1	0,027	0,669	0,468	0,956
Jahreszeit Winter	0,704	0,139	1	0,000	2,022	1,539	2,656

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm am Tag. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Body Mass Index“, „Verlust des Ehepartners“ und „Jahreszeit der Untersuchung“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.90).

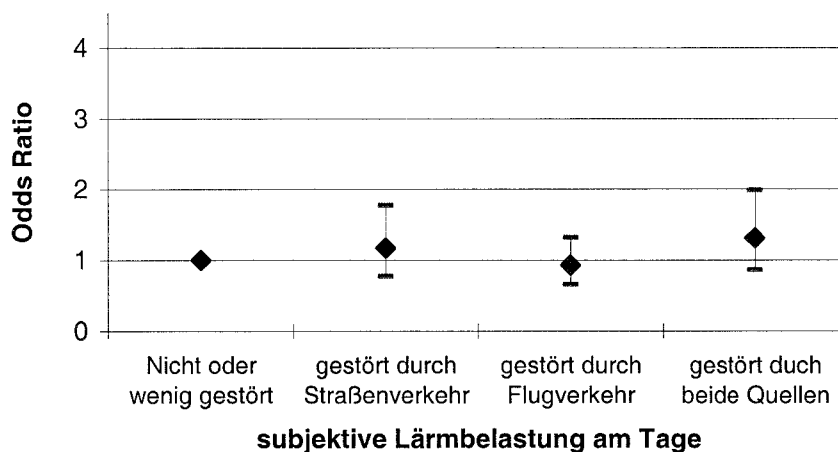


Abb. 9.90 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigen, dass das Risiko für eine ärztliche Behandlung von erhöhten Blutfetten in der Gesamtstichprobe für Personen, die sich in der Nacht durch Straßenlärm oder Fluglärm stark belastet fühlten, kaum bzw. nicht erhöht war. Für Personen, die sich sowohl durch Straßenverkehrslärm als auch durch Fluglärm stark gestört fühlten (Belastungsklasse „beide Quellen“), war das Risiko leicht erhöht (OR = 1,3).

### Subjektive Störung durch Lärm in der Nacht

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.62 zusammengefasst.

Tab. 9.62 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

62,4 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,019	0,007	1	0,007	1,019	1,005	1,033
Body Mass Index	0,050	0,019	1	0,009	1,051	1,013	1,091
Verlust des Ehepartners	-0,428	0,183	1	0,019	0,652	0,456	0,932
Jahreszeit Winter	0,669	0,138	1	0,000	1,952	1,490	2,555

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Body Mass Index“, „Verlust des Ehepartners“ und „Jahreszeit der Untersuchung“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.91)

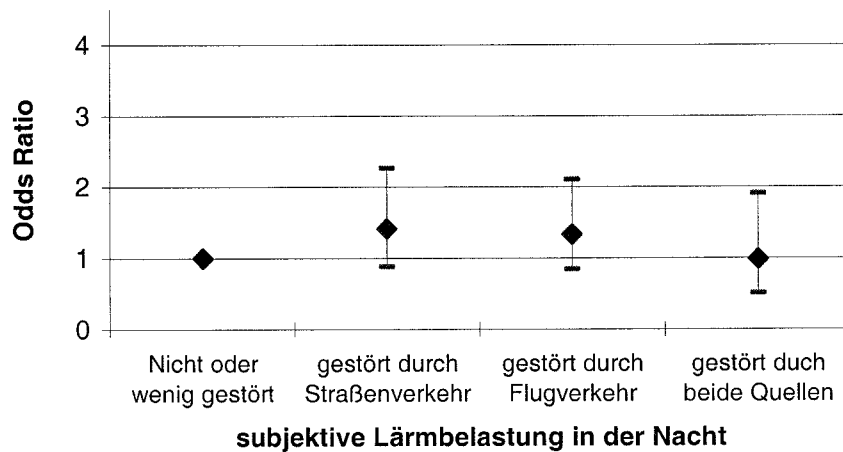


Abb. 9.91 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigen, dass das Risiko für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in der Gesamtstichprobe für Personengruppen leicht erhöht ist, die sich in der Nacht durch Straßenverkehrslärm oder Fluglärm gestört fühlten (OR = 1,4; OR = 1,3). Für Personen, die sich sowohl durch Straßenverkehrslärm als auch durch Fluglärm stark gestört fühlten (Belastungsklasse „beide Quellen“), zeigte sich dagegen kein erhöhtes Risiko.

### Lebenszeit-Prävalenz: Behandlungen erhöhter Blutfette

Mit der Frage „Hat ein Arzt bei Ihnen jemals erhöhte Blutfette, erhöhtes Cholesterin festgestellt“ wurde die Lebenszeit-Prävalenz in Abhängigkeit von der „objektiven“ Schallbelastung durch Straßenverkehr (Schallpegel nach Lärmkarte), den Fluglärmmzonen sowie der subjektiven Störung durch Lärm analysiert. Mit Hilfe der logistischen Regression wurden Odds-Ratios (OR) berechnet. In die Regressionsmodelle wurden 12 Kontrollvariablen (vgl. Kapitel 8.1) aufgenommen.

#### Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz ärztlicher Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag ist in Tab. 9.63 zusammengefasst.

Tab. 9.63 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

69,2 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,014	0,006	1	0,018	1,014	1,002	1,026
Body Mass Index	0,033	0,016	1	0,043	1,034	1,001	1,067
Sozio-ökonom. Index	-0,137	0,057	1	0,017	0,872	0,779	0,975
Lärmempfindlich- keitsindex	0,033	0,013	1	0,010	1,034	1,008	1,060

Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlung erhöhten Blutfetten zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Body Mass Index“, „Sozio-ökonomischer Index“ und „Lärmempfindlichkeit“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.92).

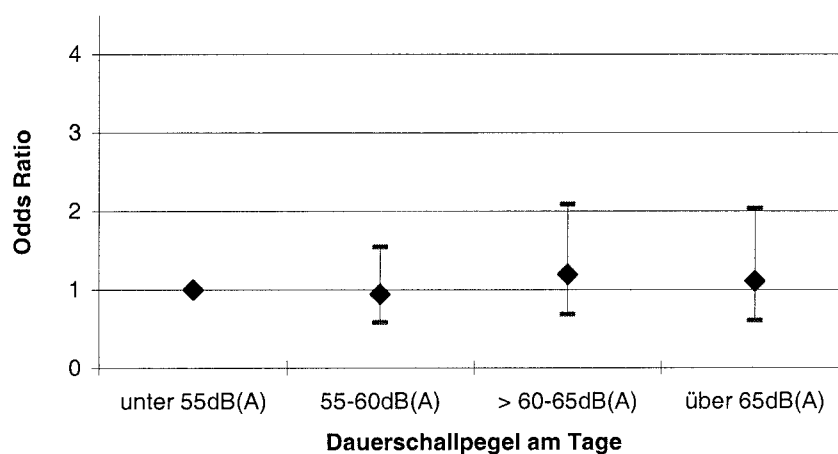


Abb. 9.92 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der Schallbelastung am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigten im untersuchten Pegelbereich keine beachtenswerte Abhängigkeit des relativen Risikos vom äquivalenten Dauerschallpegel am Tag.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.93). Die adjustierten Odds-Ratios zeigten auch in der Teilstichprobe keine beachtenswerte Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel am Tag.

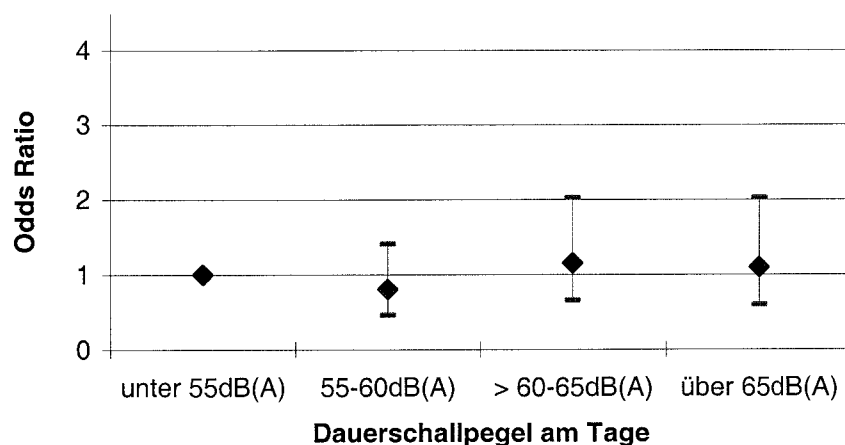


Abb. 9.93 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen)

### Nächtliche Schallbelastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.64 zusammengefasst.

Tab. 9.64 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlung von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

74,1 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,014	0,006	1	0,018	1,014	1,002	1,026
Body Mass Index	0,033	0,016	1	0,043	1,034	1,001	1,067
Sozio-ökonom. Index	-0,137	0,057	1	0,017	0,872	0,779	0,975
Lärmempfindlich- keitsindex	0,033	0,013	1	0,010	1,034	1,008	1,060

Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlung von erhöhten Blutfetten zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Body Mass Index“, „Sozio-ökonomischer Index“ und „Lärmempfindlichkeit“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.94).

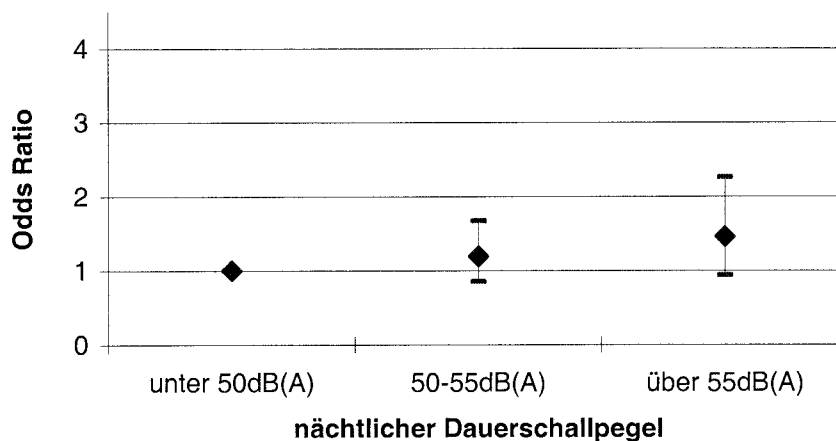


Abb. 9.94 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe)

In der Pegelklasse über 55 dB(A) war das Risiko für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten deutlich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A) (OR = 1,5)). Die statistische Signifikanz wurde verfehlt ( $p = 0,092$ ). Die adjustierten Odds-Ratios zeigten aber eine eindeutige Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs. Eine lineare Trendberechnung führte auf einen Anstieg der Odds-Ratios von 5 % pro dB(A).

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.95). In der Pegelklasse über 55 dB(A) war auch in der Teilstichprobe das Risiko für ärztliche Behandlung von erhöhten Blutfetten deutlich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) (OR = 1,4;  $p = 0,108$ ). Die Annahme einer Dosis-Wirkungs-Beziehung wurde in der Teilstichprobe ebenfalls bestätigt. Eine lineare Trendberechnung führte auf einen Anstieg der Odds-Ratios von 4 % pro dB(A).

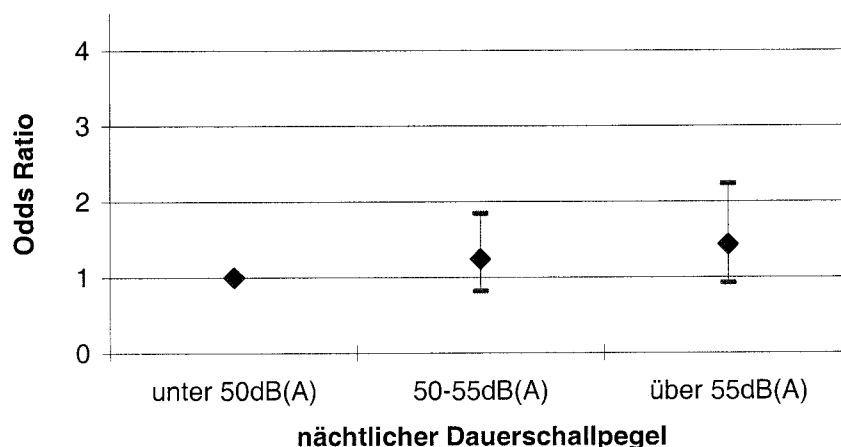


Abb. 9.95 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen)

### Fluglärmmzonen

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.65 zusammengefasst.

Tab. 9.65 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlung von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

73 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,014	0,006	1	0,020	1,014	1,002	1,026
Sozio-ökonom. Index	-0,138	0,058	1	0,017	0,871	0,778	0,976
Body Mass Index	0,032	0,016	1	0,054	1,032	0,999	1,066
Lärmempfindlich- keitsindex	0,033	0,013	1	0,010	1,033	1,008	1,060

Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlung von erhöhten Blutfetten zeigte keine signifikante Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Sozio-ökonomischer Index“ und „Lärmempfindlichkeit“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Fluglärmmzonen im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.96).

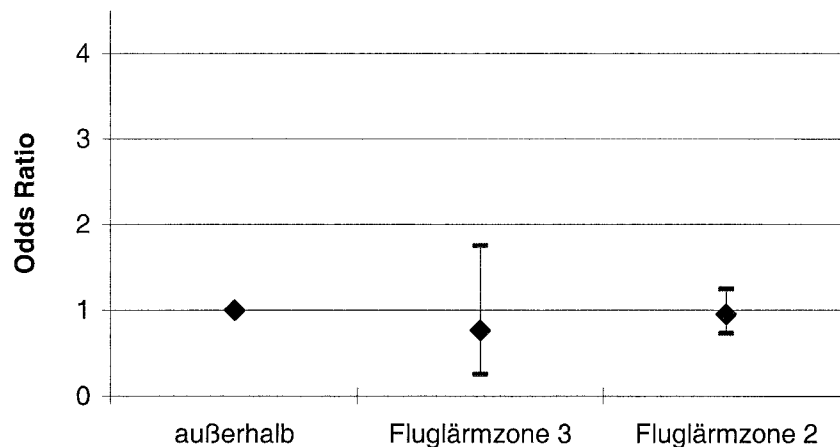


Abb. 9.96 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von den Fluglärmszonen (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigten keine beachtenswerte Abhängigkeit von den Fluglärmszonen.

### Subjektive Störung durch Lärm am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.66 zusammengefasst.

Tab. 9.66 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

65,9 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,016	0,006	1	0,012	1,016	1,003	1,029
Body Mass Index	0,030	0,017	1	0,089	1,030	0,995	1,066
Sozio-ökonom. Index	-0,160	0,061	1	0,009	0,852	0,756	0,961
Lärmempfindlich- keitsindex	0,026	0,013	1	0,054	1,026	1,000	1,054

Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlung von erhöhten Blutfetten zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm am Tag. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Sozio-ökonomischer Index“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung durch Lärm am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.97).



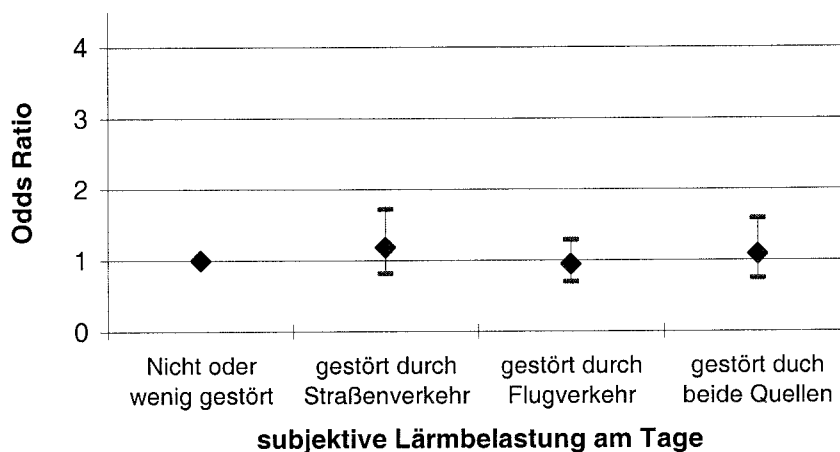


Abb. 9.97 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigten in der Gesamtstichprobe für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten keinen beachtenswerten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm am Tag durch Straßenverkehr, durch Flugverkehr oder durch beide Quellen..

### Subjektive Störung durch Lärm in der Nacht

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.67 zusammengefasst.

Tab. 9.67 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

67 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,016	0,006	1	0,010	1,016	1,004	1,024
Body Mass Index	0,031	0,017	1	0,075	1,031	0,997	1,067
Sozio-ökonom. Index	-0,114	0,061	1	0,061	0,843	0,793	1,005
Lärmempfindlich- keitsindex	0,034	0,014	1	0,012	1,034	1,007	1,062
Alkoholkonsum	0,273	0,160	1	0,087	1,314	0,961	1,797
Verlust des Ehepartners	-0,286	0,158	1	0,070	0,751	0,551	1,024

Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlung von erhöhten Blutfetten zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Lärmempfindlichkeit“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung durch Lärm am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.98).

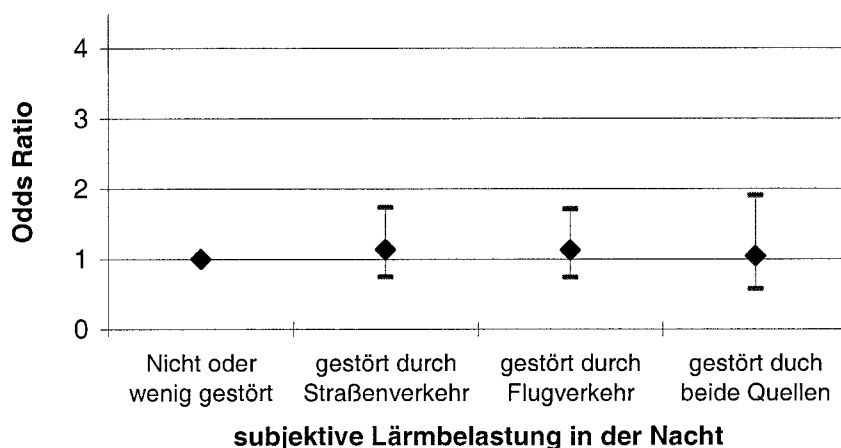


Abb. 9.98 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigten keinen beachtenswerten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht durch Straßenverkehr, durch Flugverkehr oder durch beide Quellen.

## 9.3 Immunsystem

Unter dem Begriff Immunsystem wurde die Prävalenz ärztlicher Behandlungen von chronischer Bronchitis, Lungen-, Bronchialasthma und Krebserkrankungen im 9. Durchgang des SGS (Perioden-Prävalenz) sowie die Häufigkeit ärztlicher Behandlung im Laufe des Lebens (Lebenszeit-Prävalenz) ausgewertet. Zusätzlich wurde die Perioden-Prävalenz für die Allergieneigung analysiert. Die Allergieneigung wurde als Summenvariable aus den erfragten (nicht ärztlich überprüften) Angaben der Probanden zu Heuschnupfen, juckenden Ekzemen und allergischem Asthma gebildet.

### 9.3.1 Chronische Bronchitis

Mit der Frage „Waren Sie seit der letzten Untersuchung (seit 2 Jahren) wegen chronischer Bronchitis in ärztlicher Behandlung“ wurde die Perioden-Prävalenz der ärztlichen Behandlungen in Abhängigkeit von der „objektiven“ Schallbelastung durch Straßenverkehr (Schallpegel nach Lärmkarte), den Fluglärmmzonen sowie der subjektiven Störung durch Lärm analysiert. Mit Hilfe der logistischen Regression wurden Odds-Ratios (OR) berechnet. In die Regressionsmodelle wurden 12 Kontrollvariablen (vgl. Kapitel 8.1) aufgenommen.

### Tagesbelastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag ist in Tab. 9.68 zusammengefasst.

Tab. 9.68 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

63 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
unter 55 dB(A)					1,000		
55-60 dB(A)	1,289	0,730	1	0,077	3,628	0,868	15,164
60-65 dB(A)	0,984	0,781	1	0,208	2,676	0,579	12,363
über 65 dB(A)	0,476	0,854	1	0,577	1,610	0,302	8,592
Alter	0,024	0,011	1	0,023	1,025	1,003	1,047
Alkoholkonsum	-0,783	0,360	1	0,030	0,457	0,223	0,926

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag, verblieb aber aufgrund der gesetzten Ein- und Ausschlusskriterien im reduzierten Modell. Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Alkoholkonsum“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung am Tag im reduzierten Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.99).

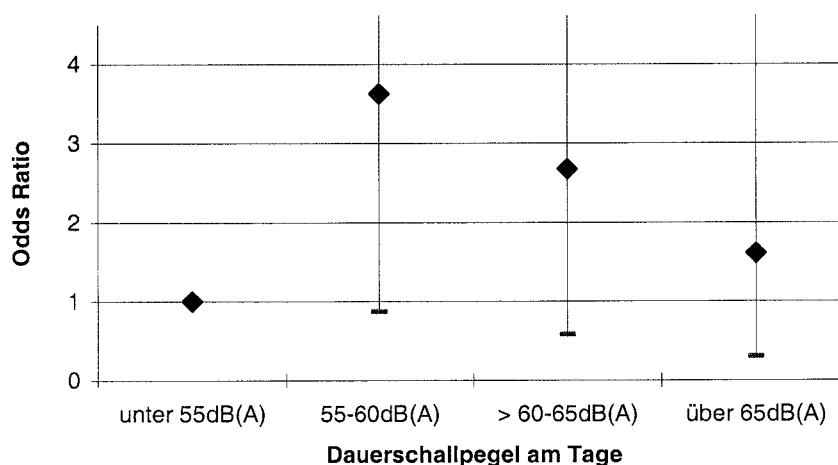


Abb. 9.99 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der Schallwahrnehmung am Tag (Gesamtstichprobe)

In der Pegelklasse 55-60 dB(A) war das Risiko für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis erheblich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A) ( $OR = 3,6$ )). Die statistische Signifikanz wurde knapp verfehlt ( $p = 0,077$ ). Mit einem geschätzten relativen Risiko von 2,7 für die Pegelklasse 60-65 dB(A) und einem relativen Risiko von 1,6 für die Pegelklasse über 65 dB(A) wird das Vorliegen einer ansteigenden Dosis-Wirkungs-Beziehung nicht bestätigt.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.100). In der Pegelklasse über 55-60 dB(A) war auch in der Teilstichprobe das Risiko für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis erheblich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A) ( $OR = 3,4$ )). Mit einem geschätzten relativen Risiko von 2,6 für die Pegelklasse 60-65 dB(A) und einem relativen Risiko von 1,5 für die Pegelklasse über 65 dB(A) kann eine ansteigende Dosis-Wirkungs-Beziehung nicht nachgewiesen werden.

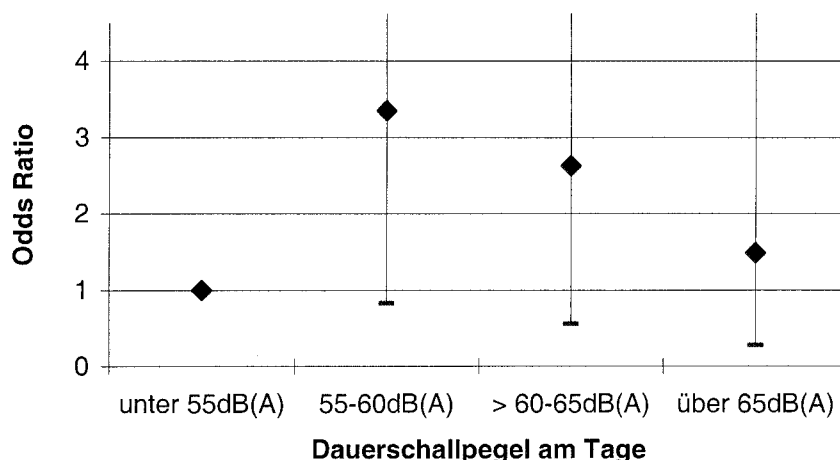


Abb. 9.100 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen; Fenster offen)

### Nächtliche Belastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht ist in Tab. 9.69 zusammengefasst.

Tab. 9.69 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

63 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,025	0,011	1	0,019	1,025	1,004	1,047
Alkoholkonsum	-0,782	0,359	1	0,029	0,457	0,226	0,925

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Alkoholkonsum“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.101).

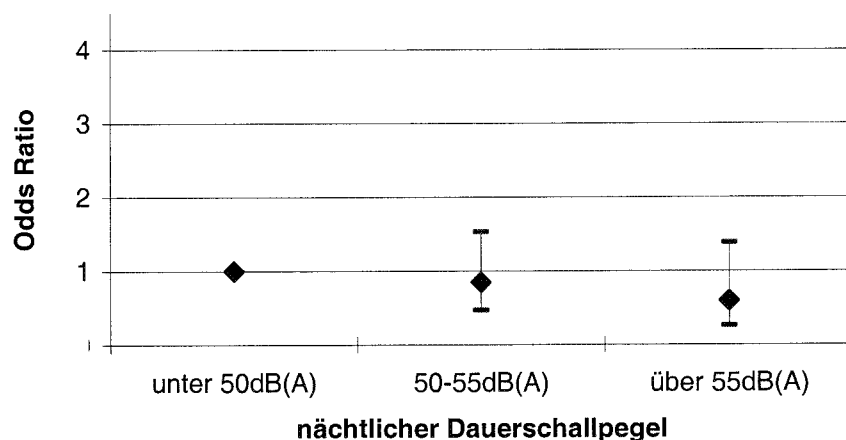


Abb. 9.101 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der Schallbelastung in der Nacht (Gesamtstichprobe)

In der Pegelklasse über 55 dB(A) war in der Gesamtstichprobe das Risiko für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis deutlich geringer als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A) (OR = 0,6)). Mit einem geschätzten relativen Risiko von 0,8 für die Pegelklasse 50-55 dB(A) kann die Hypothese einer ansteigenden Dosis-Wirkungs-Beziehung nicht bestätigt werden.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.102). In der Pegelklasse über 55-60 dB(A) war in der Teilstichprobe das Risiko, aufgrund von chronischer Bronchitis in ärztlicher Behandlung zu sein, geringer als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A) (OR = 0,6)). Mit einem geschätzten relativen Risiko von 0,4 für die Pegelklasse 50-55 dB(A)

kann auch in der Teilstichprobe die Hypothese einer ansteigenden Dosis-Wirkungs-Beziehung nicht bestätigt werden.

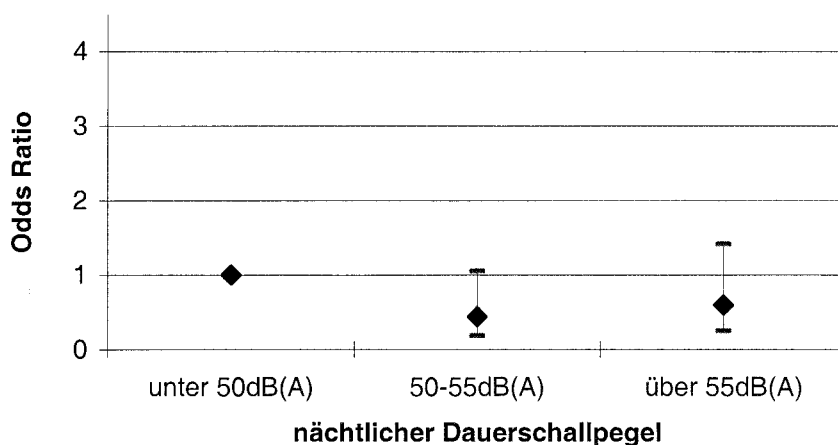


Abb. 9.102 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen)

### Fluglärmmzonen

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.70 zusammengefasst.

Tab. 9.70 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

62,2 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,026	0,011	1	0,006	1,027	1,005	1,049
Alkoholkonsum	-0,867	0,379	1	0,022	0,420	0,200	0,883

Die Perioden-Prävalenz der ärztlichen Behandlungen von chronischer Bronchitis zeigte keine signifikante Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Alkoholkonsum“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Fluglärmmzonen im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.103).

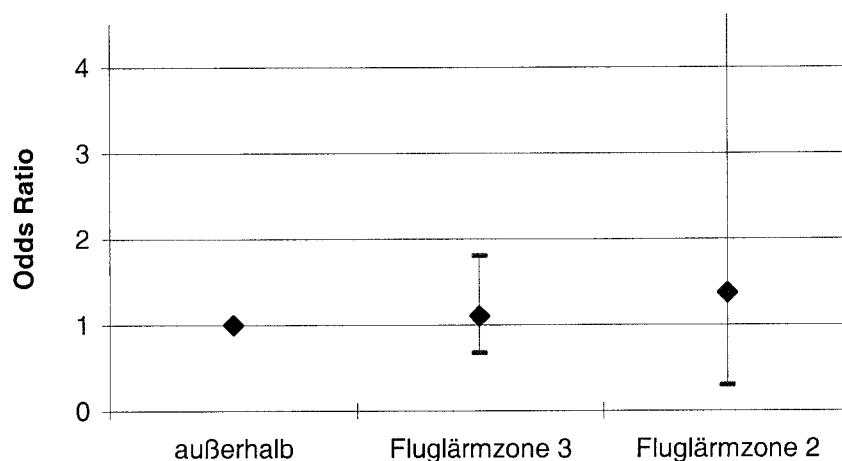


Abb. 9.103 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von den Fluglärmszonen (Gesamtstichprobe)

Für Probanden die in der Fluglärmszone 2 wohnten, war das geschätzte Risiko für eine ärztliche Behandlung von chronischer Bronchitis in der Stichprobe leicht erhöht (OR = 1,4). Mit einem geschätzten relativen Risiko von 1,1 für Probanden die in der Fluglärmszone 3 wohnten, deutete sich eine schwache Dosis-Wirkungs-Beziehung an. Eine lineare Trendberechnung führte auf einen Anstieg der Odds-Ratios von 3 % pro dB(A). Das Konfidenzintervall für das Odds-Ratio in der Fluglärmszone 2 war jedoch sehr groß.

### Subjektive Störung durch Lärm am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.71 zusammengefasst.

Tab. 9.71 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

56,1 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,023	0,012	1	0,047	1,023	1,000	1,047
Alkoholkonsum	-0,752	0,382	1	0,049	0,471	0,223	0,996

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm am Tag. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Alkoholkonsum“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Schallbelastung am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.104).

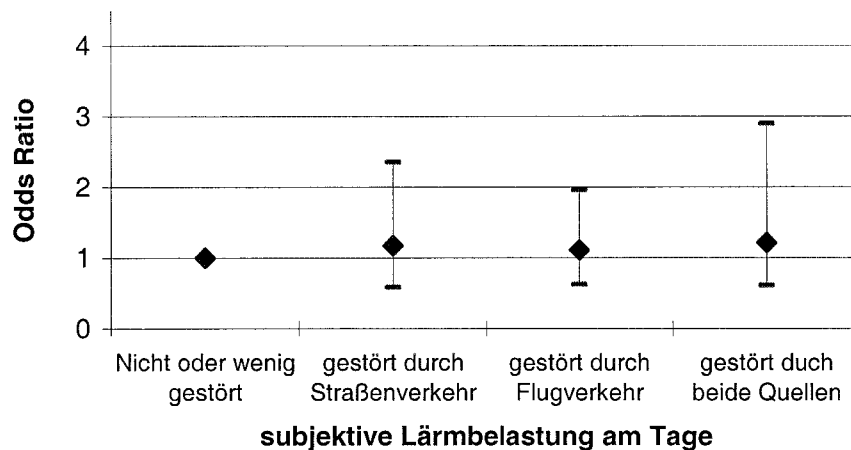


Abb. 9.104 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios lassen nicht erkennen, dass das Risiko für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis für Personengruppen erhöht ist, die sich am Tag durch Fluglärm, durch Straßenverkehrslärm oder durch beide Lärmquellen gestört fühlten.

### Subjektive Störung durch Lärm in der Nacht

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.72 zusammengefasst.

Tab. 9.72 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

56,7 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,025	0,011	1	0,028	1,025	1,003	1,049
Alkoholkonsum	-0,752	0,381	1	0,049	0,472	0,223	0,996

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Alkoholkonsum“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.105).



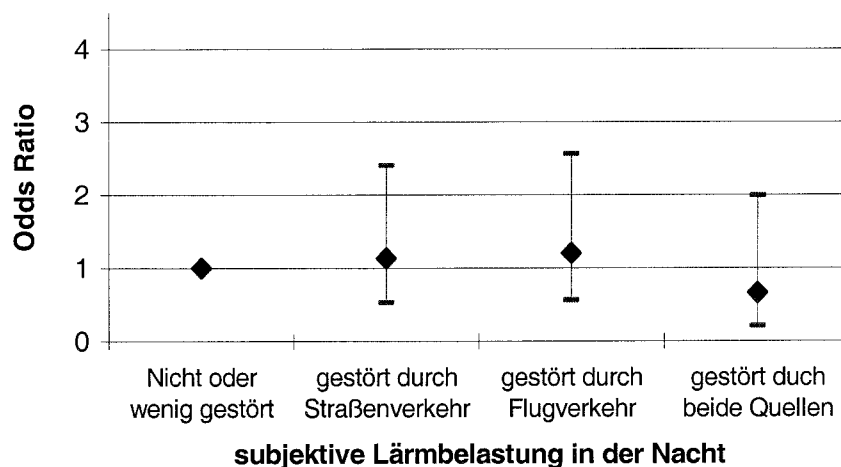


Abb. 9.105 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios lassen insgesamt nicht erkennen, dass das Risiko für eine ärztliche Behandlung von chronischer Bronchitis bei Personen erhöht ist, die sich in der Nacht durch Straßenverkehrslärm stark gestört fühlten. Für Personen, die sich durch Fluglärm stark gestört fühlten, war im Vergleich zu den wenig gestörten Probanden eine geringe Zunahme des geschätzten relativen Risikos zu verzeichnen ( $OR = 1,2$ ). Für Personen, die sich sowohl durch Straßenverkehrslärm als auch durch Fluglärm stark gestört fühlten (Belastungskategorie „beide Quellen“), zeigte sich dagegen ein präventiver Effekt ( $OR = 0,7$ ).

### Lebenszeit-Prävalenz: Behandlungen chronischer Bronchitis

Mit der Frage „Hat ein Arzt bei Ihnen jemals eine chronische Bronchitis festgestellt, wurde die Lebenszeit-Prävalenz in Abhängigkeit von der „objektiven“ Schallbelastung durch Straßenverkehr (Schallpegel nach Lärmkarte), den Fluglärmzonen sowie der subjektiven Störung durch Lärm analysiert. Mit Hilfe der logistischen Regression wurden Odds-Ratios (OR) berechnet. In die Regressionsmodelle wurden 12 Kontrollvariablen (vgl. Kapitel 8.1) aufgenommen.

#### Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag ist in Tab. 9.73 zusammengefasst.

Tab. 9.73 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

70,1 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Unter 55 dB(A)					1,000		
55-60 dB(A)	0,542	0,477	1	0,255	1,720	0,676	4,380
60-65 dB(A)	1,010	0,507	1	0,046	2,745	1,016	7,412
Über 55 dB(A)	-0,175	0,607	1	0,774	0,840	0,255	2,760
Alkoholkonsum	-0,482	0,265	1	0,069	0,617	0,367	1,038

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis zeigte einen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag. Sie wurde signifikant auch durch die Kontrollvariable „Alkoholkonsum“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung am Tag im statistisch reduzierten Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.106).

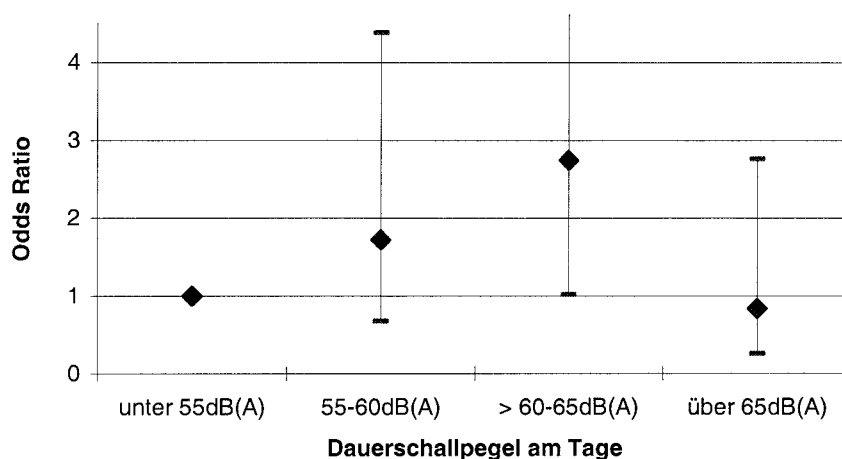


Abb. 9.106 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der Schallbelastung am Tag (Gesamtstichprobe)

In der Gesamtstichprobe war eine signifikante Erhöhung des geschätzten relativen Risikos für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis für Personen zu verzeichnen, für die an ihrem Wohnort Dauerschallpegel des Straßenverkehrs von 60-65 dB(A) ermittelt wurden (OR = 2,7;  $p = 0,046$ ). In der Pegelklasse über 60 dB(A) war das Risiko dagegen niedriger als in der Referenzgruppe (OR = 0,8). Die adjustierten Odds-Ratios lassen im untersuchten Pegelbereich keine klare Dosis-Wirkungs-Beziehung erkennen.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.107). In der

Teilstichprobe war ebenfalls eine Erhöhung des geschätzten relativen Risikos für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis für Personen zu verzeichnen, die an ihrem Wohnort mit Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 60-65 dB(A) belastet waren ( $OR = 2,5$ ). Die statistische Signifikanz wurde hier knapp verfehlt ( $p = 0,077$ ). Für die Pegelklasse über 60 dB(A) war das geschätzte Risiko auch in der Teilstichprobe niedriger als in der Referenzgruppe ( $OR = 0,8$ ).

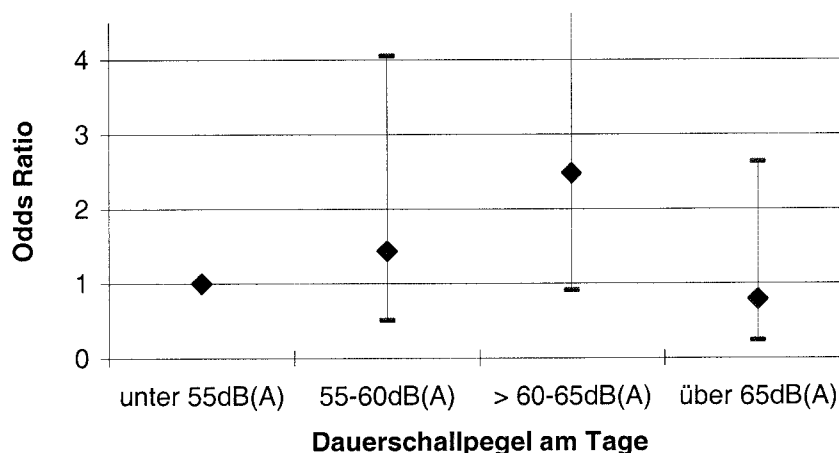


Abb. 9.107 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen).

### Nächtliche Schallbelastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.74 zusammengefasst.

Tab. 9.74 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

70,1 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alkoholkonsum	-0,461	0,264	1	0,081	0,630	0,376	1,058

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht. Sie wurde auch durch die Kontrollvariablen nicht signifikant beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.108).

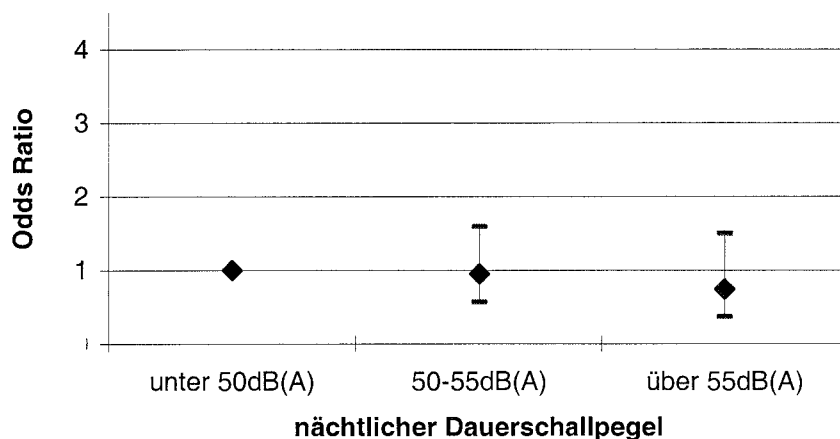


Abb. 9.108 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios lassen in der Gesamtstichprobe keinen Anstieg mit dem nächtlichen Dauerschallpegel durch Straßenverkehr erkennen.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.109). Die adjustierten Odds-Ratios zeigten auch in dem Teilkollektiv keinen Anstieg mit dem nächtlichen Dauerschallpegel durch Straßenverkehr.

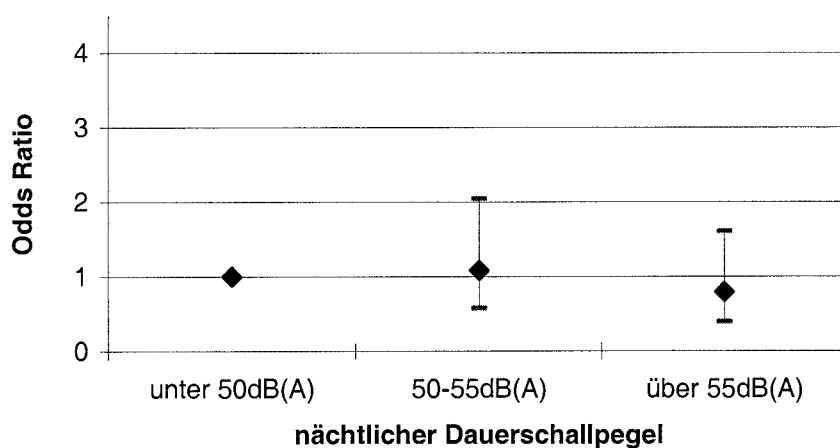


Abb. 9.109 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen)

### Fluglärmmzonen

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von den Fluglärmzonen und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.75 zusammengefasst.

Tab. 9.75 Odds-Ratios : Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von den Fluglärmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

69,1 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alkoholkonsum	-0,551	0,277	1	0,047	0,576	0,335	0,993

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis zeigte keine signifikante Abhängigkeit von den Fluglärmzonen. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Alkoholkonsum“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Fluglärmzonen im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.110).

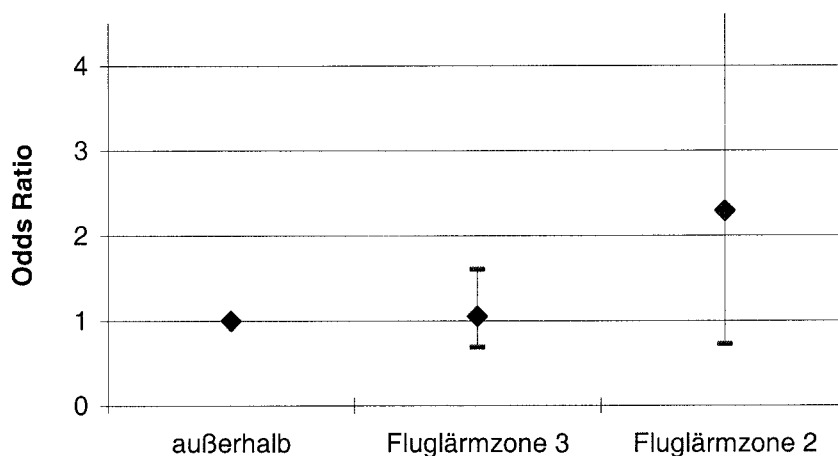


Abb. 9.110 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von den Fluglärmzonen (Gesamtstichprobe)

Für Probanden die in der Fluglärmzone 2 wohnten war das geschätzte Risiko für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis stark erhöht (OR = 2,3). Die statistische Signifikanz wird jedoch verfehlt. Die adjustierten Odds-Ratios lassen keine Dosis-Wirkungs-Beziehung mit den Fluglärmzonen erkennen. Das Konfidenzintervall für das Odds-Ratio in der Fluglärmzone 2 war sehr groß.

### Subjektive Störung durch Lärm am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.76 zusammengefasst.

Tab. 9.76 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

62,2 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,018	0,010	1	0,087	1,018	0,997	1,038
Body Mass. Index	-0,054	0,030	1	0,069	0,948	0,894	1,004
Lärmempfindlich- keitsindex	0,038	0,021	1	0,077	1,038	0,996	1,083

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag oder den Kontrollvariablen.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung durch Lärm am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.111).

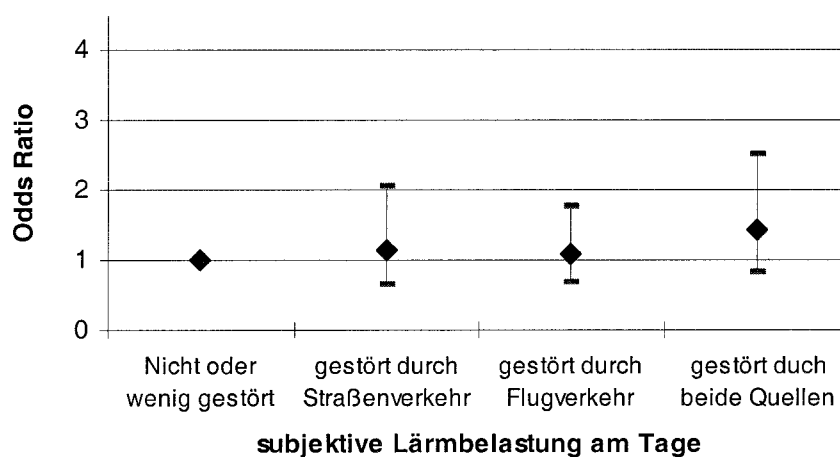


Abb. 9.111 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios lassen nicht erkennen, dass das Risiko für Behandlungen von chronischer Bronchitis für Personengruppen erhöht ist, die sich am Tag durch Fluglärm oder durch Straßenverkehrslärm stark gestört fühlten. Bei einer starken Störung durch beide Lärmquellen war das Risiko leicht erhöht (OR = 1,4).

### Subjektive Störung durch Lärm in der Nacht

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.77 zusammengefasst.

Tab. 9.77 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

63,2 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,018	0,010	1	0,062	1,018	0,999	1,038
Body Mass. Index	-0,060	0,030	1	0,043	0,942	0,889	0,998

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Body Mass Index“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung durch Lärm am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.112).

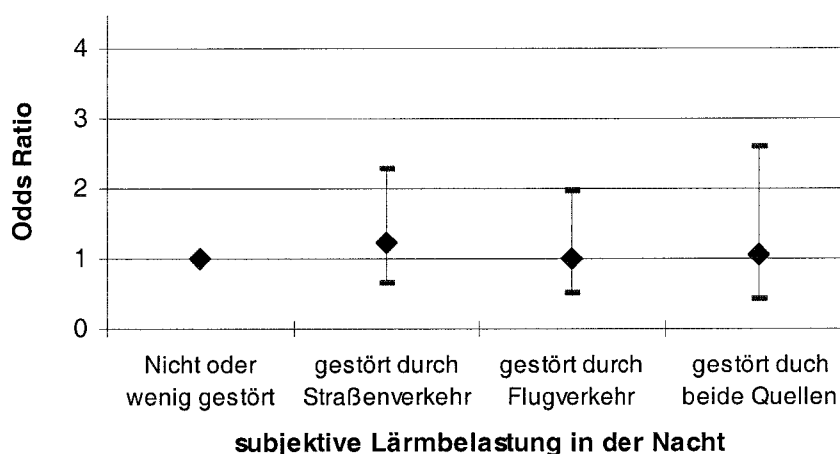


Abb. 9.112 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios lassen nicht erkennen, dass das Risiko für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Personengruppen erhöht ist, die sich am Tag durch Straßenverkehrslärm, durch Fluglärm oder durch beide Quellen gestört fühlten.

### 9.3.2 Lungen-, Bronchialasthma

Mit der Frage „Waren Sie seit der letzten Untersuchung (seit 2 Jahren) wegen Lungen-, Bronchialasthma in ärztlicher Behandlung“ wurde die Perioden-Prävalenz der ärztlichen Behandlungen in Abhängigkeit von der „objektiven“ Schallbelastung durch Straßenverkehr (Schallpegel nach Lärmkarte), den Fluglärmmzonen sowie der subjektiven Störung durch Lärm analysiert. Mit Hilfe der logistischen Regression wurden Odds-Ratios (OR) berechnet. In die Regressionsmodelle wurden 12 Kontrollvariablen (vgl. Kapitel 8.1) aufgenommen.

#### Tagesbelastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag ist in Tab. 9.78 zusammengefasst.

Tab. 9.78 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

77,5 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Verlust des Ehepartners	0,843	0,352	1	0,011	2,443	1,226	4,869

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Verlust des Ehepartners“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.113).



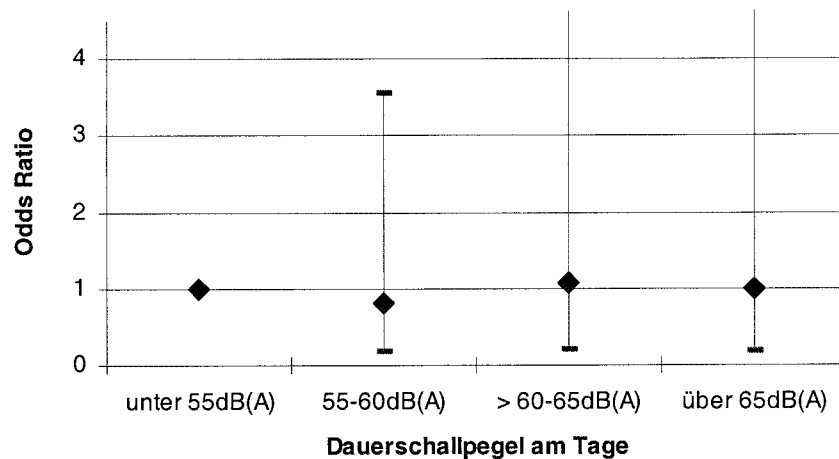


Abb. 9.113 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit von der Schallwahrnehmung am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios lassen keinen beachtenswerten Zusammenhang mit der nächtlichen Schallbelastung durch den Straßenverkehr erkennen.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.114). Die adjustierten Odds-Ratios ließen auch in dem Teilkollektiv nicht erkennen, dass das Risiko für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma mit den Dauerschallpegel am Tag systematisch kovariiert.

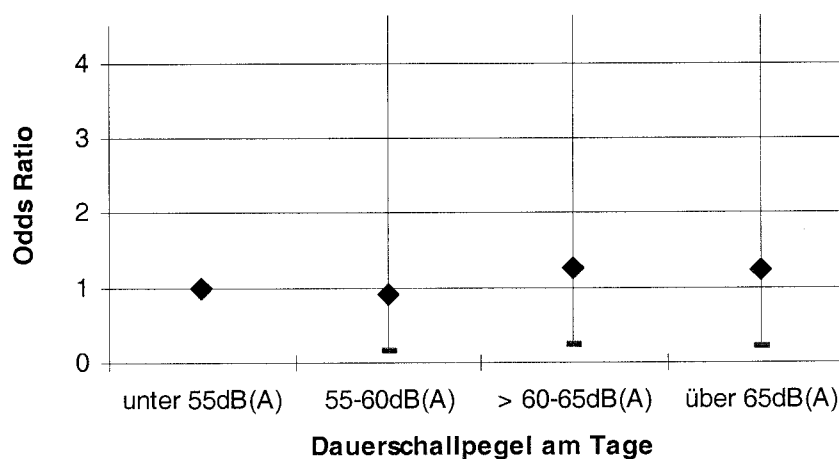


Abb. 9.114 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen; Fenster offen)

### Nächtliche Belastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht ist in Tab. 9.79 zusammengefasst.

Tab. 9.79 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

77,5 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Verlust des Ehepartners	0,843	0,352	1	0,011	2,443	1,226	4,869

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Verlust des Ehepartners“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.115).

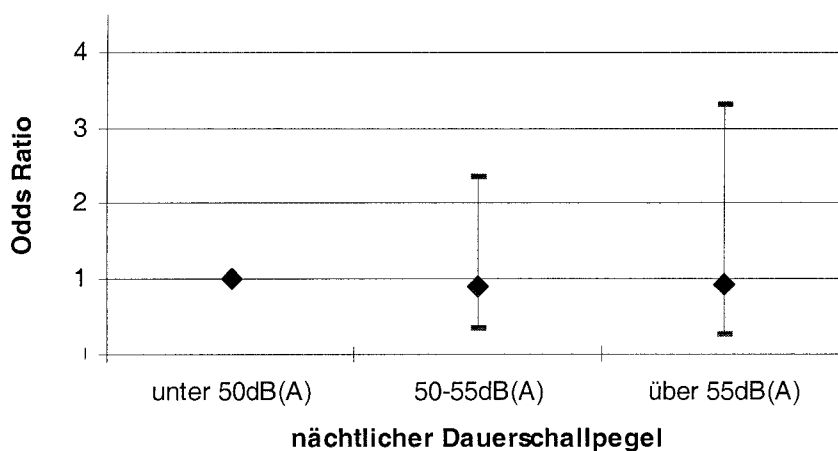


Abb. 9.115 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit von der Schallbelastung in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios lassen keinen Zusammenhang mit der nächtlichen Schallbelastung durch Straßenverkehr erkennen.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.116). Die adjustierten Odds-Ratios ließen auch hier keinen Zusammenhang mit der nächtlichen Schallbelastung durch Straßenverkehr erkennen

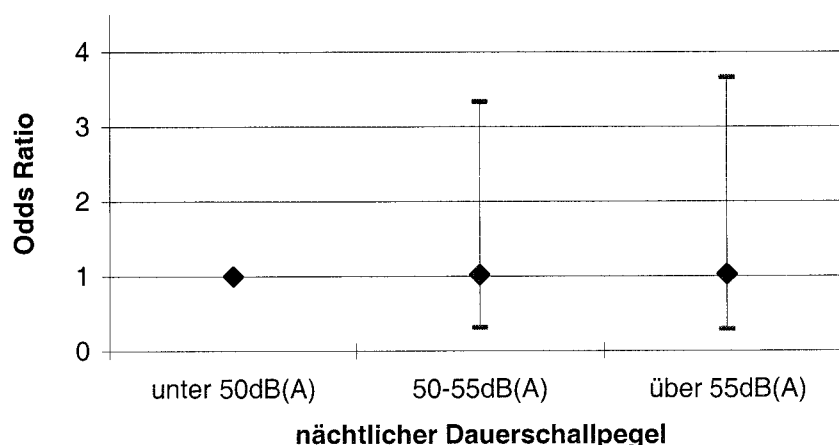


Abb. 9.116 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen)

### Fluglärmmzonen

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.80 zusammengefasst.

Tab. 9.80 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

76,4 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Verlust des Ehepartners	0,886	0,352	1	0,012	2,425	1,217	4,833

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma zeigte keine signifikante Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable Verlust des Ehepartners beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Fluglärmmzonen im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.117).

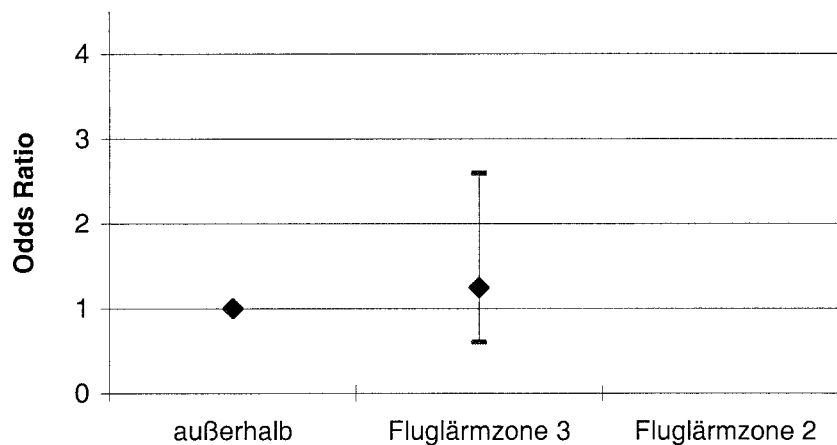


Abb. 9.117 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit von den Fluglärmszonen (Gesamtstichprobe)

Für Probanden die in der Fluglärmszone 3 wohnten war das geschätzte Risiko für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma geringfügig erhöht (OR = 1,2). Für die Fluglärmszone 2 lagen nicht genügend gültige Fälle vor.

### Subjektive Störung durch Lärm am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz ärztlicher Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.81 zusammengefasst.

Tab. 9.81 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

68,9 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Verlust des Ehepartners	0,973	0,371	1	0,009	2,647	1,279	5,477
Jahreszeit Winter	-0,639	0,363	1	0,078	0,528	0,259	1,074

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Verlust des Ehepartners“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.118).

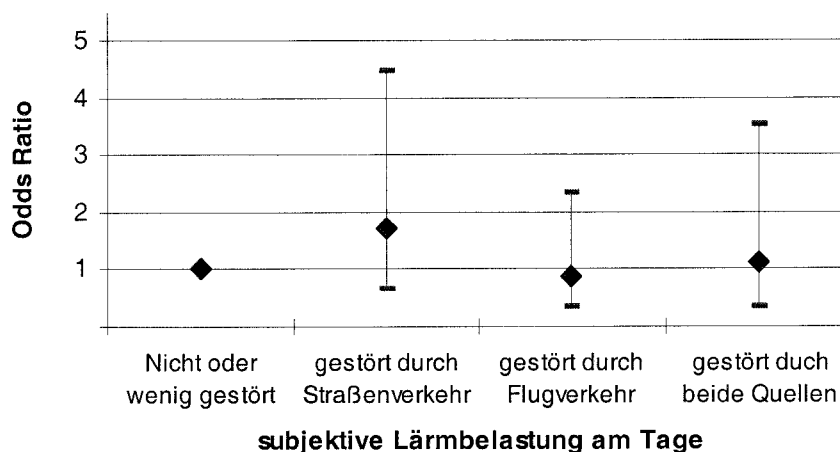


Abb. 9.118 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigten in der Gesamtstichprobe, dass das Risiko für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma bei am Tag durch Straßenverkehrslärm stark gestörten Probanden leicht erhöht war ( $OR = 1,7$ ). Für Personen, die sich durch Fluglärm oder durch beide Lärmquellen stark gestört fühlten, war das Risiko jedoch nicht höher als in der Referenzgruppe ( $OR = 0,9$ ;  $OR = 1,1$ ).

### Subjektive Störung durch Lärm in der Nacht

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.82 zusammengefasst.

Tab. 9.82 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

70,1 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Verlust des Ehepartners	0,958	0,355	1	0,007	2,607	1,299	5,231

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Verlust des Ehepartners“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.119).

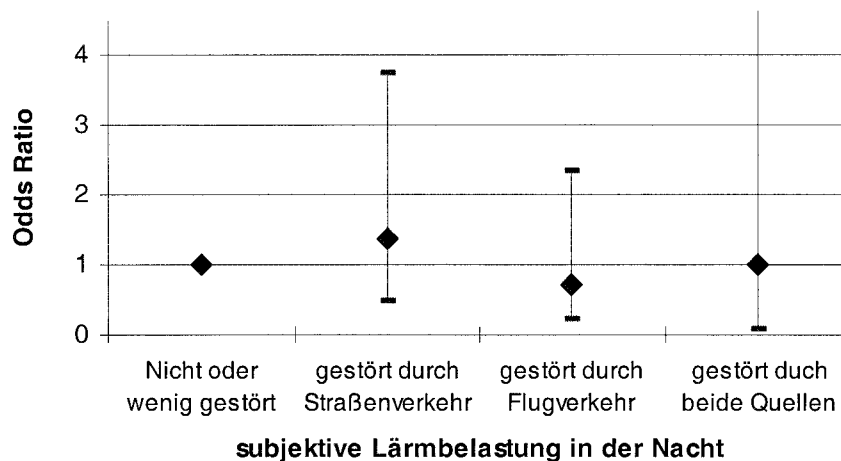


Abb. 9.119 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigten in der Gesamtstichprobe eine leichte Zunahme des relativen Risikos für Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma für Personen, die sich in der Nacht durch Straßenverkehrslärm stark gestört fühlten ( $OR = 1,3$ ). Für starke Störungen durch Fluglärm oder durch beide Lärmquellen war dagegen keine Risikoerhöhung zu verzeichnen ( $OR = 0,7$ ;  $OR = 1,0$ ).

### Lebenszeit-Prävalenz: Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma

Mit der Frage „Hat ein Arzt bei Ihnen jemals Lungen-, Bronchialasthma festgestellt, wurde die Lebenszeit-Prävalenz in Abhängigkeit von der „objektiven“ Schallbelastung durch Straßenverkehr (Schallpegel nach Lärmkarte), den Fluglärmzonen sowie der subjektiven Störung durch Lärm analysiert. Mit Hilfe der logistischen Regression wurden Odds-Ratios (OR) berechnet. In die Regressionsmodelle wurden 12 Kontrollvariablen (vgl. Kapitel 8.1) aufgenommen.

#### Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag ist in Tab. 9.83 zusammengefasst.

Tab. 9.83 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

33,1 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Verlust des Ehepartners	0,782	0,275	1	0,004	2,187	1,275	3,750

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Verlust des Ehepartners“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.120).

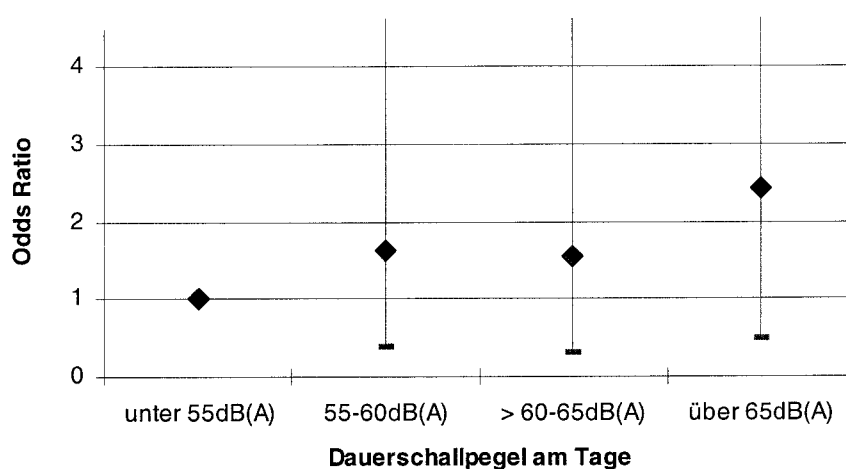


Abb. 9.120 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit von der Schallbelastung am Tag (Gesamtstichprobe)

In der Pegelklasse über 65 dB(A) war das Risiko für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in der Gesamtstichprobe erheblich höher als in der Referenzgruppe (unter 55 dB(A)) (OR = 2,4). Die adjustierten Odds-Ratios lassen keine klare Dosis-Wirkungs-Beziehung mit den Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs am Tag erkennen. Eine lineare Trendberechnung führte auf einen Anstieg der Odds-Ratios von 7 % pro dB(A). Die Konfidenzintervalle der Odds-Ratios in den Pegelklassen waren jedoch sehr groß.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.121). In der Pegelklasse über 65 dB(A) war auch in der Teilstichprobe das Risiko, aufgrund von Lungen-, Bronchialasthma in ärztlicher Behandlung zu sein, erheblich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A) (OR = 2,6)). Eine klare Dosis-Wirkungs-Beziehung lässt sich auch hier nicht erkennen. Eine lineare Trendberechnung führte auf jedoch einen Anstieg von 8 % pro dB(A). Die Konfidenzintervalle der Odds-Ratios in den Pegelklassen waren sehr groß.

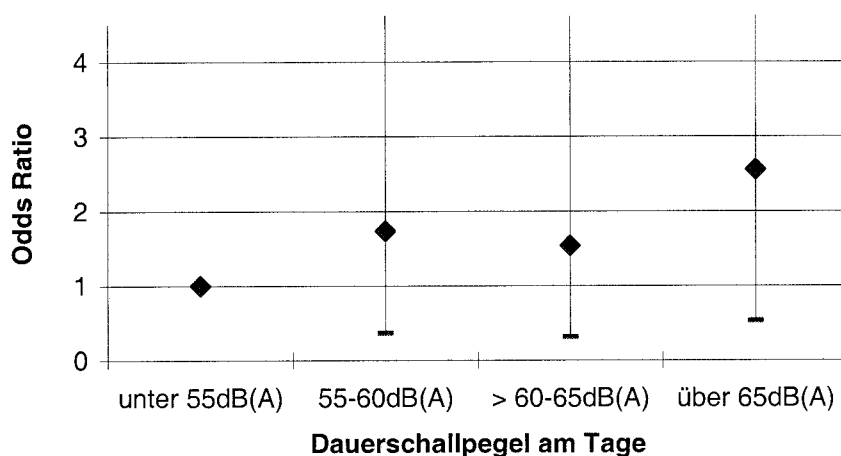


Abb. 9.121 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen)

### Nächtliche Schallbelastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.84 zusammengefasst.



Tab. 9.84 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

74,2 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
unter 50 dB(A)					1,000		
50-55 dB(A)	0,041	0,175	1	0,814	1,042	0,739	1,468
über 55 dB(A)	0,452	0,229	1	0,048	1,572	1,004	2,461
Alter	0,035	0,010	1	0,001	1,036	1,015	1,057
Lärmempfindlich- keitsindex	0,039	0,022	1	0,074	1,040	0,996	1,085
Verlust des Ehepartners	0,782	0,275	1	0,004	2,187	1,275	3,750

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma zeigte einen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht. Sie wurde auch durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Verlust des Ehepartners“ signifikant beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung am Tag im statistisch reduzierten Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.122).

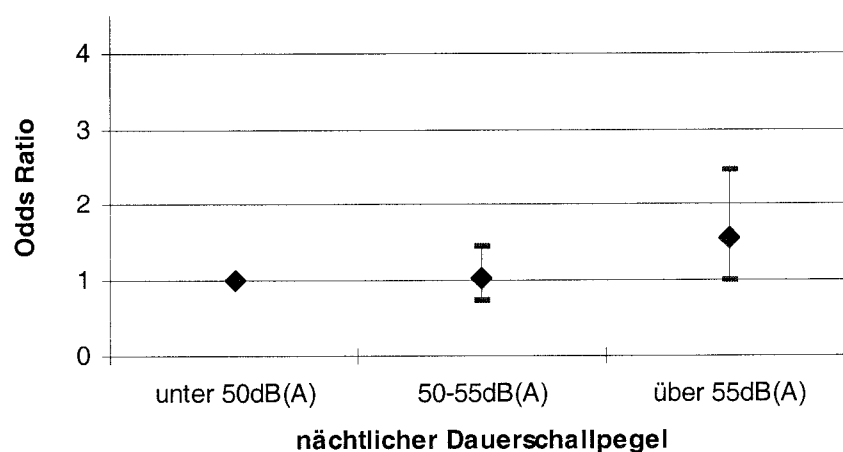


Abb. 9.122 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe)

In der Schallpegelklasse über 55 dB(A) war das Risiko für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma signifikant um über 50 % gegenüber der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) erhöht (OR = 1,6;  $p = 0,048$ ). Die adjustierten Odds-Ratios lassen aber keine klare Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel durch Straßenverkehr erkennen.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.75). In der Teilstichprobe war ebenfalls eine signifikante Erhöhung des geschätzten relativen Risikos für Personen zu verzeichnen, die an ihrem Wohnort mit Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von über 55 dB(A) belastet sind ( $OR = 1,6$ ;  $p = 0,047$ ). Die Annahme einer Dosis-Wirkungs-Beziehung wird auch hier nicht eindeutig bestätigt.

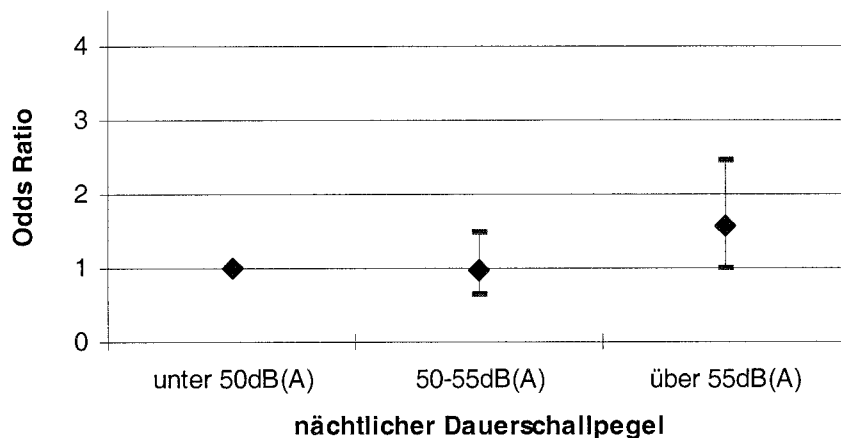


Abb. 9.123 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen)

### Fluglärmmzonen

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.85 zusammengefasst.

Tab. 9.85 Odds-Ratios : Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

77,4 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Verlust des Ehepartners	0,775	0,275	1	0,005	2,170	1,265	3,722

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma zeigte keine signifikante Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Verlust des Ehepartners“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Fluglärmmzonen im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.124).

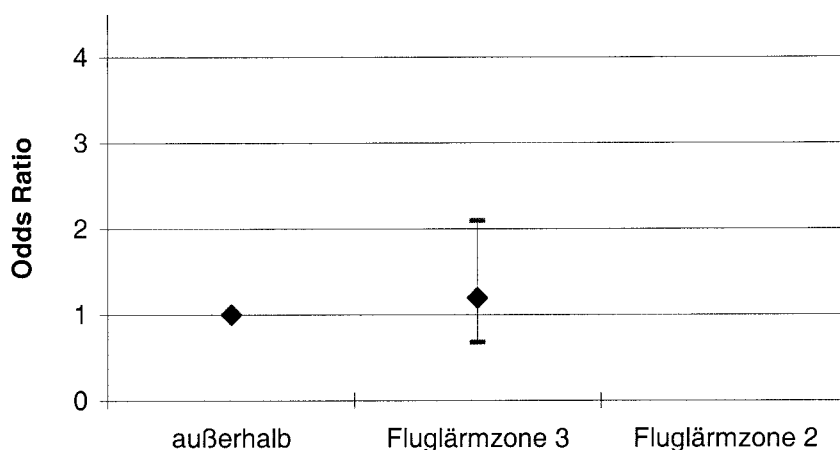


Abb. 9.124 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit von den Fluglärmszonen (Gesamtstichprobe)

Für Probanden die in der Fluglärmszone 3 wohnten war das Risiko für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in der Stichprobe nicht nennenswert erhöht. Für die Fluglärmszone 2 lagen nicht genügend gültige Fälle vor.

### Subjektive Störung durch Lärm am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag ist in Tab. 9.86 zusammengefasst.

Tab. 9.86 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

68,9 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Verlust des Ehepartners	0,769	0,296	1	0,009	2,158	1,207	3,859

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Verlust des Ehepartners“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung durch Lärm am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.125).

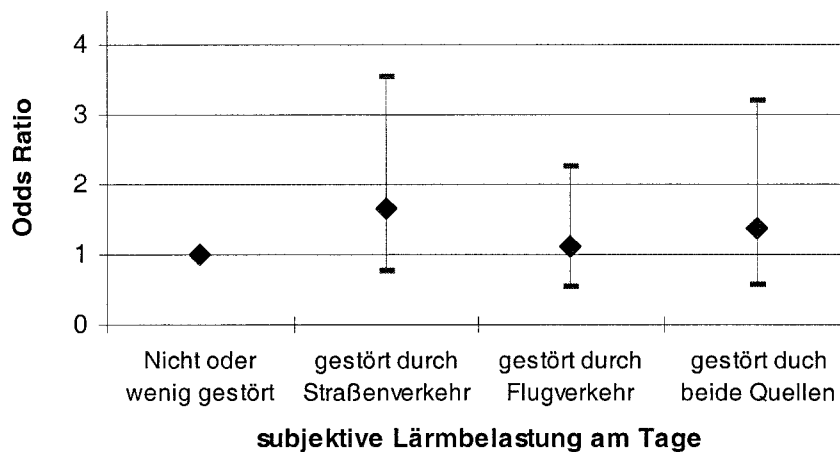


Abb. 9.125 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigten, dass das Risiko für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma für Personen erhöht war, die sich am Tag durch Straßenverkehrslärm stark gestört fühlten ( $OR = 1,7$ ). Bei Fluglärm war das geschätzte Risiko kaum erhöht ( $OR = 1,1$ ). Für Personen, die angaben, sowohl durch Fluglärm als auch durch Straßenverkehrslärm stark gestört zu sein (Belastungsklasse „beide Quellen“), stieg das Risiko nur leicht an ( $OR = 1,3$ ).

### Subjektive Störung durch Lärm in der Nacht

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.87 zusammengefasst.

Tab. 9.87 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

70,1 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Verlust Ehepartner	0,686	0,292	1	0,019	1,987	1,121	3,522

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht. Sie wurde nur durch die Kontrollvariable „Verlust des Ehepartners“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung durch Lärm am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.126).

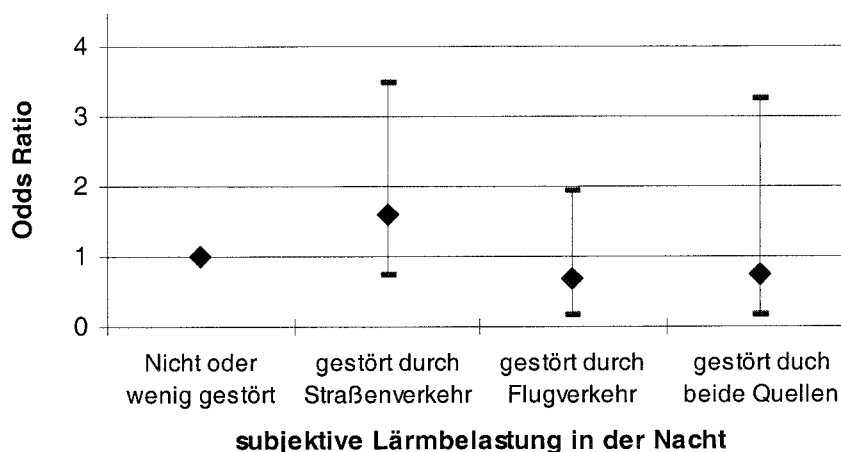


Abb. 9.126 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigten, dass das Risiko für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma für Personen erhöht sein kann, die sich in der Nacht durch Straßenverkehrslärm stark gestört fühlten ( $OR = 1,6$ ). Für die Belastungsklassen „Fluglärm“ und „beide Quellen“ (Flug- und Verkehrslärm) war dagegen keine Risikoerhöhung zu verzeichnen ( $OR = 0,7$ ;  $OR = 0,8$ ).

### 9.3.3 Krebserkrankungen

Mit der Frage „Waren Sie seit der letzten Untersuchung (seit 2 Jahren) wegen einer Krebserkrankung in ärztlicher Behandlung“ wurde die Perioden-Prävalenz der ärztlichen Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der „objektiven“ Schallbelastung durch Straßenverkehr (Schallpegel nach Lärmkarte), den Fluglärmzonen sowie der subjektiven Störung durch Lärm (Lärmfragebogen) analysiert. Mit Hilfe der logistischen Regression wurden Odds-Ratios (OR) berechnet. In die Regressionsmodelle wurden 12 Kontrollvariablen (vgl. Kapitel 8.1) aufgenommen.

#### Tagesbelastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz ärztlicher Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag ist in Tab. 9.88 zusammengefasst.

Tab. 9.88 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

69,1 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,048	0,017	1	0,004	1,050	1,015	1,085

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Alter“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.127).

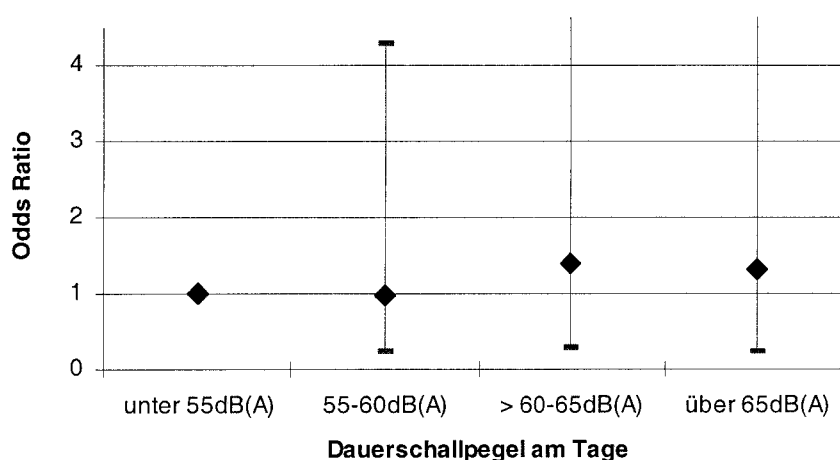


Abb. 9.127 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der Schallwahrnehmung am Tag (Gesamtstichprobe)

In den Pegelklassen 60-65 dB(A) und über 65 dB(A) war das geschätzte Risiko für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen in der Gesamtstichprobe höher als in der Vergleichsgruppe (unter 50 dB(A) (OR = 1,4; OR = 1,3)). Die adjustierten Odds-Ratios lassen keine Dosis-Wirkungs-Beziehung erkennen.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.82). In den Pegelklassen 60-65 dB(A) und über 65 dB(A) war das geschätzte Risiko, aufgrund von Krebserkrankungen in ärztlicher Behandlung zu sein, auch in der Teilstichprobe erhöht (OR = 1,4; OR = 1,3). Die adjustierten Odds-Ratios lassen auch hier keine Dosis-Wirkungs-Beziehung erkennen.

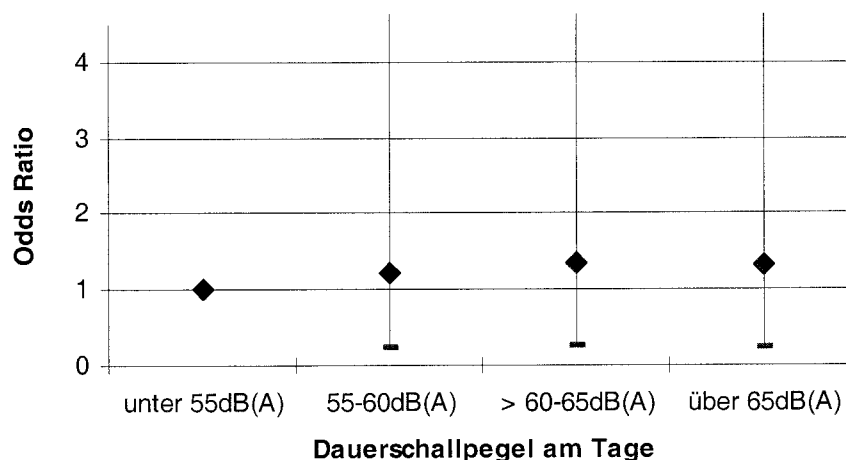


Abb. 9.128 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen)

### Nächtliche Belastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der ärztlichen Behandlung von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen, ist in der Tab. 9.89 zusammengefasst.

Tab. 9.89 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

69,1 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,018	0,007	1	0,008	1,018	1,005	1,031

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Alter“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.129).

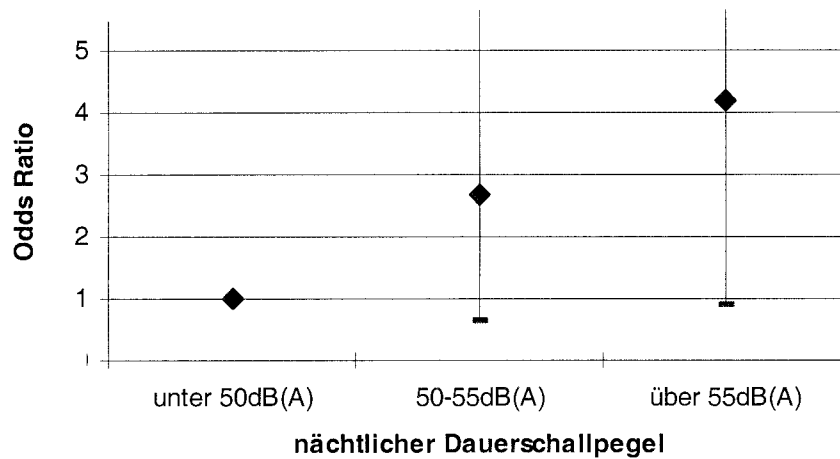


Abb. 9.129 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der Schallbelastung in der Nacht (Gesamtstichprobe)

In der Pegelklasse über 55 dB(A) war das Risiko aufgrund einer Krebserkrankung in ärztlicher Behandlung zu sein in der Gesamtstichprobe erheblich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A) ( $OR = 4,2$ )). Die statistische Signifikanz wurde nur knapp verfehlt ( $p = 0,073$ ). Die adjustierten Odds-Ratios zeigten insgesamt eine klare Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs. Eine lineare Trendberechnung führte auf einen Anstieg der Odds-Ratios von 32 % pro dB(A).

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich leicht veränderte Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.130). In der Pegelklasse über 55 dB(A) war auch in der Teilstichprobe das geschätzte Risiko für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen erheblich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) ( $OR = 4,1$ ;  $p = 0,076$ ). Eine eindeutige Dosis-Wirkungs-Beziehung war hier nicht zu erkennen. Eine lineare Trendberechnung führte auf einen Anstieg der Odds-Ratios von 31 % pro dB(A).



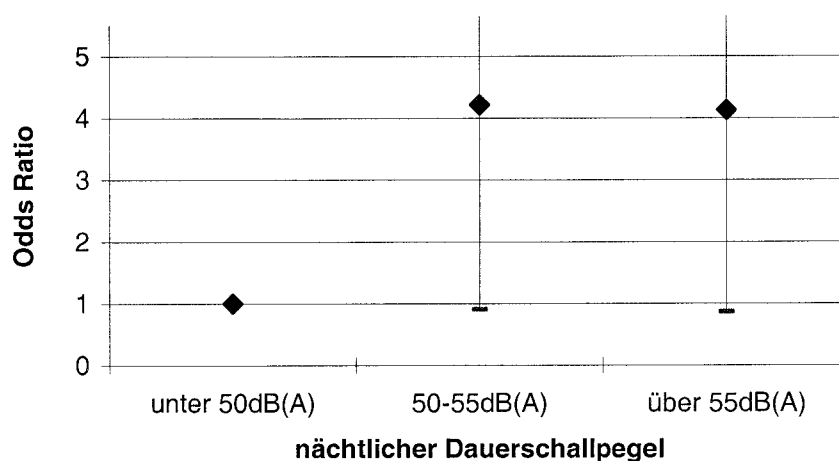


Abb. 9.130 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen)

Bei den vorangegangenen Analysen wurden auch Probanden berücksichtigt, die in den letzten 2 Jahren umgezogen waren. Wurden diese Probanden aus der Analyse herausgenommen, so ergab sich ein geringfügig verändertes Bild in Richtung der formulierten Arbeitshypothese (Tab. 9.90).

Tab. 9.90 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

58,3 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Unter 50 dB(A)					1,000		
50-55 dB(A)	1,704	1,024	1	0,096	5,498	0,738	40,937
Über 55 dB(A)	2,061	1,080	1	0,056	7,857	0,946	65,237
Alter	0,057	0,018	1	0,002	1,058	1,021	1,097
Sozio-ökonom. Index	0,351	0,165	1	0,033	1,421	1,029	1,964
Alkoholkonsum	-1,240	0,739	1	0,093	0,289	0,068	1,232
Jahreszeit Winter	-0,589	0,353	1	0,096	0,555	0,277	1,109

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen zeigte für Personen, die in den letzten 2 Jahren nicht umgezogen waren, keine signifikante Abhängigkeit von der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht, verblieb aber aufgrund der gesetzten Ein- und Ausschlusskriterien im reduzierten Modell. Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Sozio-ökonomischer Index“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die nächtliche Schallbelastung durch Straßenverkehr im reduzierten Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.131).

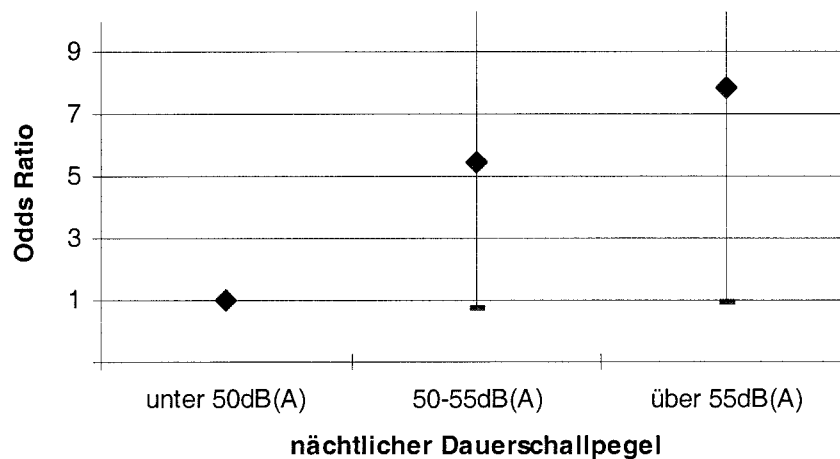


Abb. 9.131 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (kein Umzug)

In der Pegelklasse über 55 dB(A) war das Risiko aufgrund von Krebserkrankungen in ärztlicher Behandlung zu sein in der Gesamtstichprobe erheblich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) (OR = 7,9). Die statistische Signifikanz wurde nur knapp verfehlt ( $p = 0,056$ ). Für die Pegelklasse 50-55 dB(A) war ein relatives Risiko von 5,5 zu verzeichnen ( $p = 0,096$ ). Die adjustierten Odds-Ratios lassen eine eindeutige Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs erkennen. Eine lineare Trendberechnung führte auf einen Anstieg der Odds-Ratios von 69 % pro dB(A).

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.86). In der Pegelklasse über 55 dB(A) war in der Teilstichprobe das Risiko für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen ebenfalls erheblich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) (OR = 7,8;  $p = 0,057$ ). Eine Dosis-Wirkungs-Beziehung war nicht eindeutig zu erkennen. Eine lineare Trendberechnung führte auf hier einen Anstieg von 68 % pro dB(A).

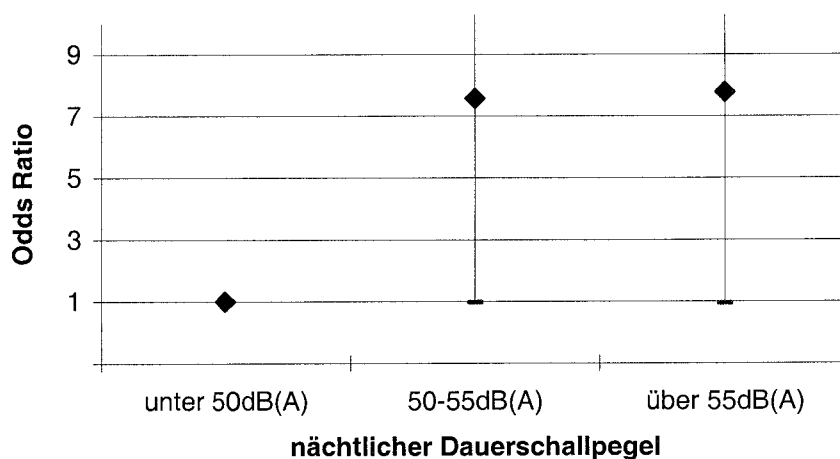


Abb. 9.132 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen; kein Umzug)

Bei den vorangegangenen Analysen wurde das Fensteröffnungsverhalten der Probanden nicht beachtet. Wurden nur Personen ausgewählt, die angaben, überwiegend mit geöffnetem Fenster zu schlafen, so lagen für eine statistische Auswertung nicht genügend gültige Fälle vor.

### Fluglärmmzonen

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.91 zusammengefasst.

Tab. 9.91 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

68 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,055	0,017	1	0,002	1,056	1,021	1,093

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Alter“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Fluglärmmzonen im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.133).

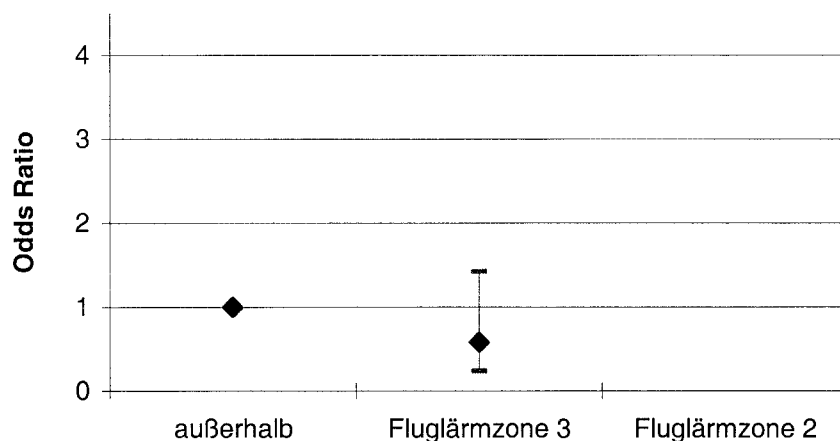


Abb. 9.133 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von den Fluglärmzonen (Gesamtstichprobe)

Für Probanden die in der Fluglärmzone 3 wohnten war in der Stichprobe ein präventiver Effekt ( $OR = 0,6$ ) zu verzeichnen. Für die Fluglärmzone 2 lagen nicht genügend gültige Fälle vor.

### Subjektive Störung durch Lärm am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.92 zusammengefasst.

Tab. 9.92 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

61,5 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,052	0,018	1	0,004	1,053	1,017	1,092

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm am Tag. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Alter“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung durch Lärm am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.134).

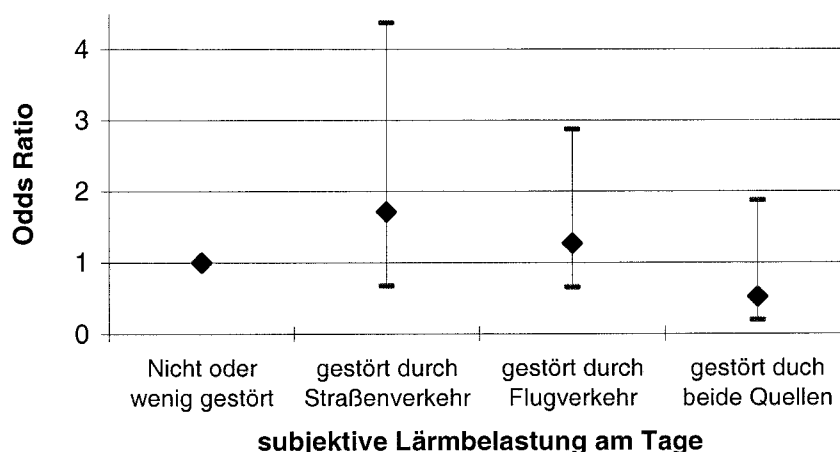


Abb. 9.134 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigten in der Gesamtstichprobe eine deutliche Zunahme des relativen Risikos für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen für Personen die sich am Tag durch Straßenverkehrslärm stark gestört fühlten (OR = 1,7). Bei Fluglärm war das Risiko nur gering erhöht (OR = 1,3). Für Probanden die sich sowohl in durch Fluglärm als auch durch Straßenverkehrslärm stark gestört fühlten war dagegen ein präventiver Effekt zu verzeichnen (OR = 0,5).

### Subjektive Störung durch Lärm in der Nacht

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.93 zusammengefasst.

Tab. 9.93 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

62,3 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,048	0,018	1	0,006	1,050	1,014	1,086

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Alter“ beeinflusst.

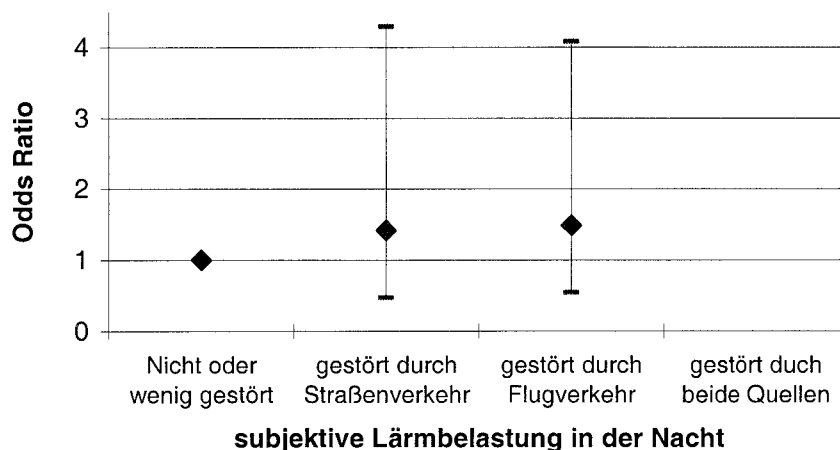


Abb. 9.135 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigten, dass in der Gesamtstichprobe das Risiko für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen für Probanden leicht erhöht war, die sich in der Nacht durch Straßenverkehrslärm oder Fluglärm stark gestört fühlten ( $OR = 1,4$ ;  $OR = 1,5$ ). Für die Belastungsklasse „beide Quellen“ (Flug- und Verkehrslärm) lagen nicht genügend gültige Fälle vor.

### Lebenszeit-Prävalenz: Behandlungen von Krebserkrankungen

Mit der Frage „Hat ein Arzt bei Ihnen jemals eine Krebserkrankung festgestellt“ wurde die Lebenszeit-Prävalenz in Abhängigkeit von der „objektiven“ Schallbelastung durch Straßenverkehr (Schallpegel nach Lärmkarte), den Fluglärmmzonen sowie der subjektiven Störung durch Lärm analysiert. Mit Hilfe der logistischen Regression wurden Odds-Ratios (OR) berechnet. In die Regressionsmodelle wurden 12 Kontrollvariablen (vgl. Kapitel 8.1) aufgenommen.

#### Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.94 zusammengefasst.

Tab. 9.94 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

73,9 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,047	0,012	1	0,000	1,048	1,024	1,072
Lärmempfindlich- keitsindex	0,051	0,024	1	0,036	1,052	1,003	1,104

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Lärmempfindlichkeit“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.136).

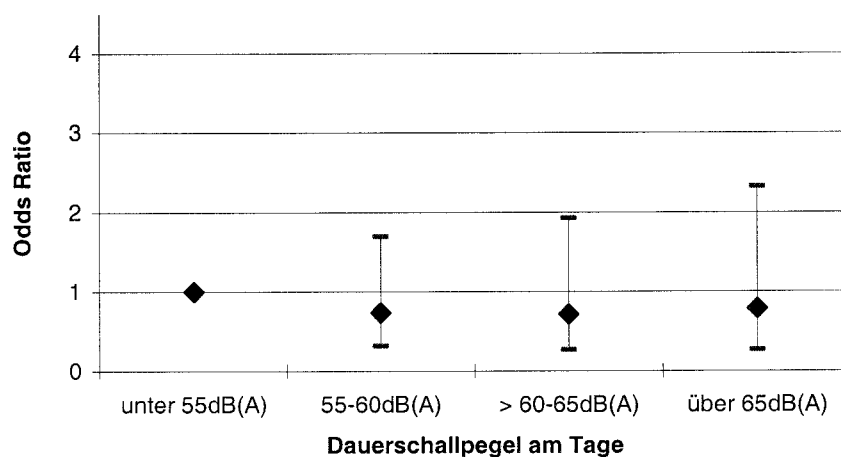


Abb. 9.136 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der Schallbelastung am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigten im untersuchten Pegelbereich keinen beachtenswerten Zusammenhang mit dem äquivalenten Dauerschallpegel am Tag.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.93). Die adjustierten Odds-Ratios zeigten auch in der Teilstichprobe keinen nennenswerten Zusammenhang mit dem äquivalenten Dauerschallpegel am Tag.

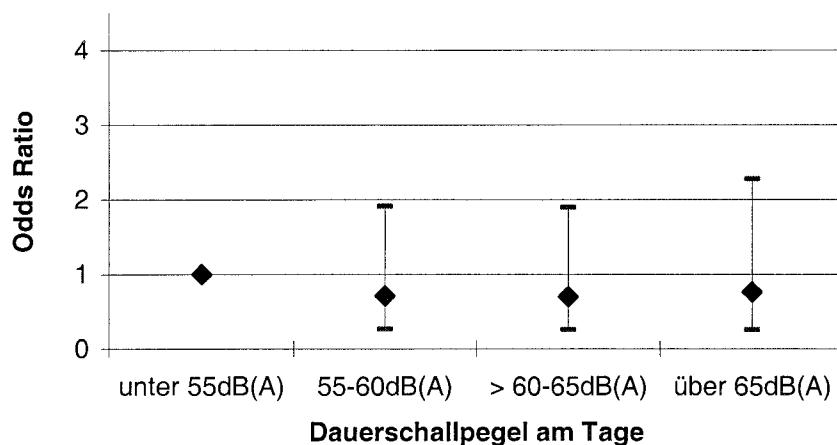


Abb. 9.137 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen)

### Nächtliche Schallbelastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.95 zusammengefasst.

Tab. 9.95 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

73,9 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,047	0,012	1	0,000	1,048	1,024	1,072
Lärmempfindlich- keitsindex	0,051	0,024	1	0,036	1,052	1,003	1,104

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Lärmempfindlichkeit“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.138).



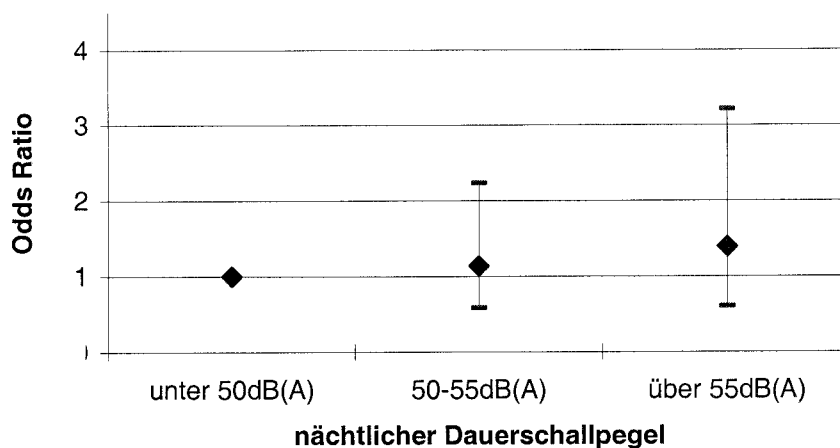


Abb. 9.138 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe)

In der Pegelklasse über 55 dB(A) war das Risiko für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankung höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A) (OR = 1,4)). Die adjustierten Odds-Ratios lassen insgesamt eine schwache Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs erkennen. Eine lineare Trendberechnung führte auf einen Anstieg der Odds-Ratios von 4 % pro dB(A).

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.95). In der Pegelklasse über 55 dB(A) war auch in dem Teilkollektiv das Risiko aufgrund von Krebserkrankungen in ärztlicher Behandlung zu sein höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A) (OR = 1,4)). Die Annahme einer Dosis-Wirkungs-Beziehung wurde in der Teilstichprobe bestätigt. Eine lineare Trendberechnung führte auf einen Anstieg der Odds-Ratios von 4 % pro dB(A).

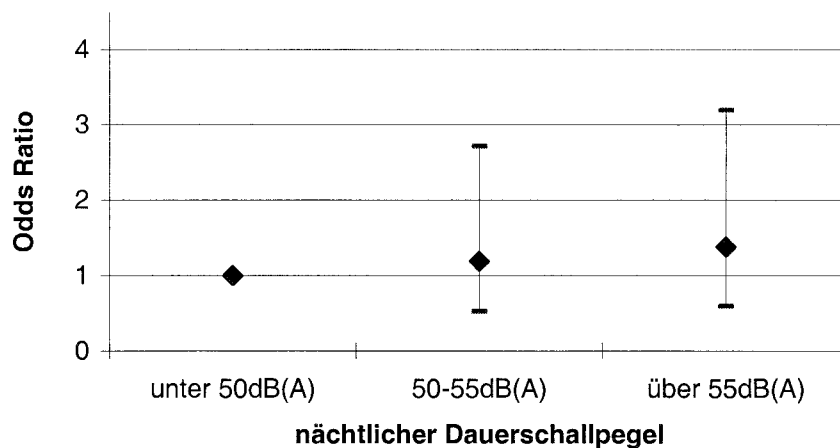


Abb. 9.139 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen)

### Fluglärmzonen

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der ärztlichen Behandlung von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von den Fluglärmzonen und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.96 zusammengefasst.

Tab. 9.96 Odds-Ratios : Anamnese von Behandlungen aufgrund erhöhter Blutfette in Abhängigkeit von den Fluglärmzonen und den Kontrollvariablen

72,8 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,051	0,012	1	0,000	1,052	1,028	1,076
Lärmempfindlich keitsindex	0,050	0,025	1	0,042	1,051	1,002	1,103

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von den Fluglärmzonen. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Lärmempfindlichkeit“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Fluglärmzonen im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.140).

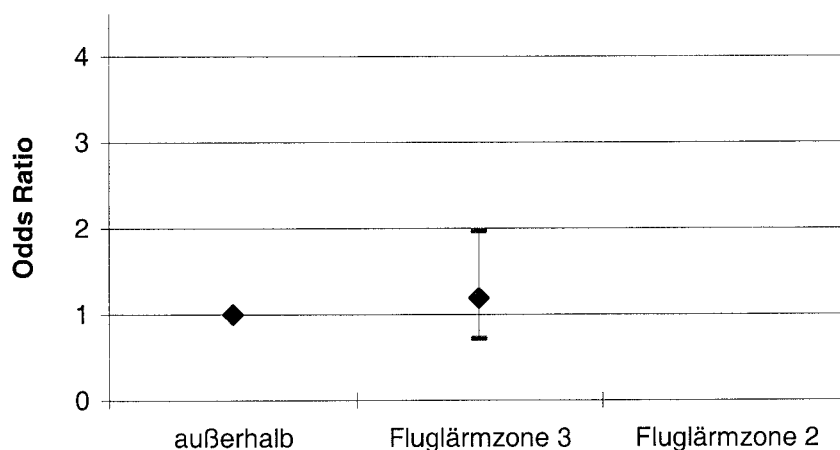


Abb. 9.140 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von den Fluglärmzonen (Gesamtstichprobe)

Für Probanden die in der Fluglärmzone 3 wohnten war das Risiko für eine ärztliche Behandlung von Krebserkrankungen nicht nennenswert erhöht. In der Fluglärmzone 2 lagen nicht genügend gültige Fälle vor.

### Subjektive Störung durch Lärm am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.97 zusammengefasst.

Tab. 9.97 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Anamnese von Behandlungen aufgrund von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen

65,8 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,048	0,012	1	0,000	1,049	1,024	1,075
Lärmempfindlich- keitsindex	0,055	0,025	1	0,028	1,057	1,006	1,110

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Lärmempfindlichkeit“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung durch Lärm am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.141).

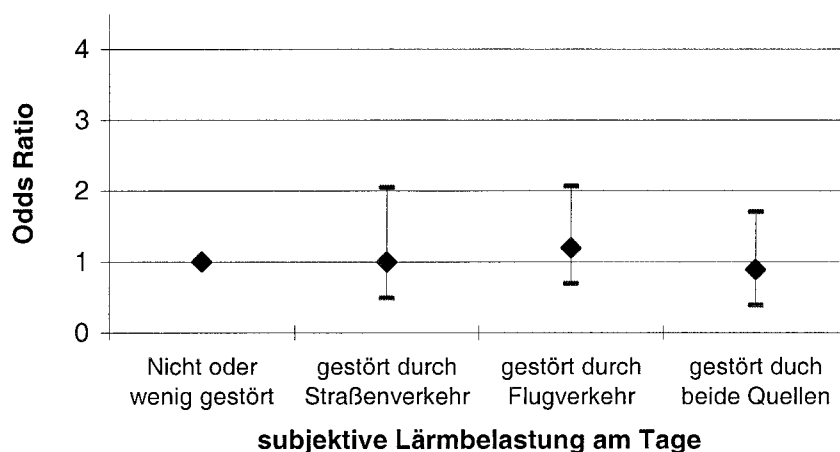


Abb. 9.141 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen zeigten in der Gesamtstichprobe keinen nennenswerten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Straßenverkehrslärm am Tag, durch Fluglärm am Tag oder durch beide Quellen.

### Subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.98 zusammengefasst.

Tab. 9.98 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebsbehandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

66,9 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,049	0,012	1	0,000	1,050	1,025	1,075
Lärmempfindlich- keitsindex	0,056	0,025	1	0,026	1,058	1,007	1,112

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Lärmempfindlichkeit“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung durch Lärm am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.142).

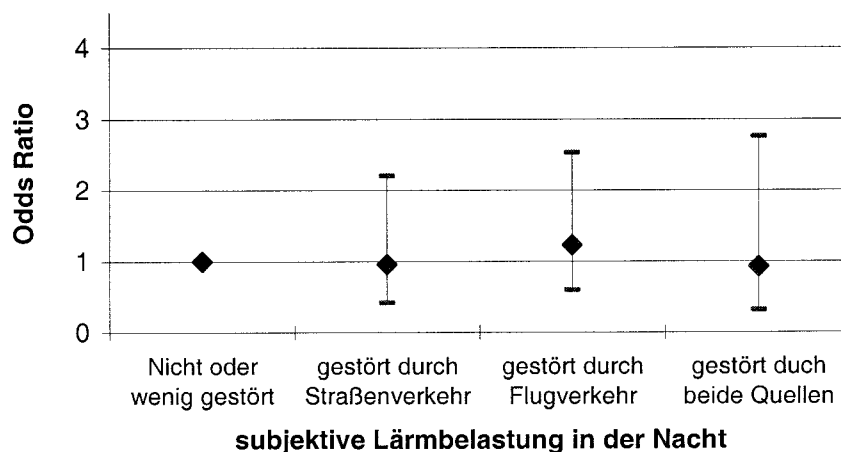


Abb. 9.142 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigten für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen in der Nacht keine relevante Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch nächtlichen Straßenverkehrslärm, durch nächtlichen Fluglärm oder durch beide Quellen.

### 9.3.4 Allergieneigung

Mit den Fragen „Haben oder hatten Sie ein juckendes Ekzem, besonders in den Ellenbogen oder Kniekehlen (Kontaktekzem, z. B. auf unechten Schmuck oder Hautreaktionen auf Medikamente sind nicht gemeint)?“, „Leiden oder litten Sie an allergischem Asthma, z. B. mit Hustenattacken und / oder pfeifender Atmung und / oder Luftnot?“, „Haben oder hatten Sie einen Heuschnupfen (Allergischen Schnupfen, allergische Bindehautentzündung?“ wurde die Perioden-Prävalenz von Allergieneigung (Summenscore) in Abhängigkeit von der „objektiven“ Schallbelastung durch Straßenverkehr (Schallpegel nach Lärmkarte), den Fluglärmmzonen sowie der subjektiven Störung durch Lärm (Lärmfragebogen) analysiert. Die Allergieneigung beruht ausschließlich auf den Angaben der Probanden. Sie wurde ärztlich nicht überprüft. Mit Hilfe der logistischen Regression wurden Odds-Ratios (OR) berechnet. In die Regressionsmodelle wurden 12 Kontrollvariablen (vgl. Kapitel 8.1) aufgenommen.

### Tagesbelastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für die Allergieneigung in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag ist in Tab. 9.99 zusammengefasst.

Tab. 9.99 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für die Allergieneigung in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

78 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,044	0,006	1	0,000	1,045	1,033	1,058
Lärmempfindlich- keitsindex	-0,026	0,013	1	0,052	0,974	0,949	1,000

Die Perioden-Prävalenz für die Allergieneigung zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag. Die Prävalenz wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Lärmempfindlichkeit“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.143).

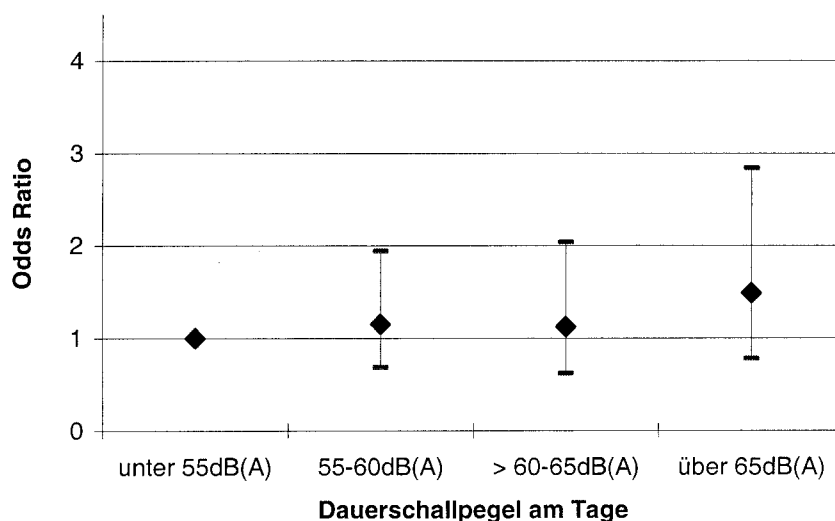


Abb. 9.143 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Allergieneigung in Abhängigkeit von der Schallwahrnehmung am Tag (Gesamtstichprobe)

In der Pegelklasse über 65 dB(A) war das geschätzte Risiko für die Allergieneigung in der Gesamtstichprobe deutlich erhöht (OR = 1,5). Die adjustierten Odds-Ratios ließen keine klare Dosis-Wirkungs-Beziehung erkennen.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.82). In der Pegelklasse über 65 dB(A) war das geschätzte Risiko für die Allergieneigung auch in der Teilstichprobe deutlich erhöht (OR = 1,6). Die adjustierten Odds-Ratios ließen aber auch hier keine Dosis-Wirkungs-Beziehung erkennen.

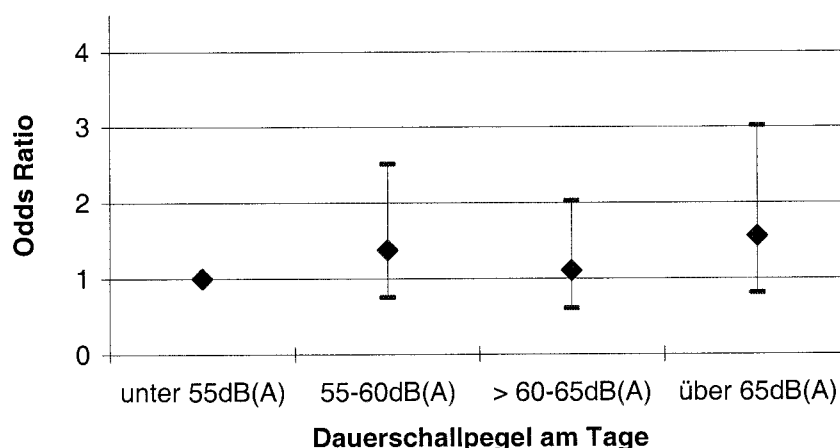


Abb. 9.144 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Allergieneigung in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen)

### Nächtliche Belastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für die Allergieneigung in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht ist in Tab. 9.100 zusammengefasst.

Tab. 9.100 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für die Allergieneigung in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

78 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,044	0,006	1	0,000	1,045	1,033	1,058
Lärmempfindlich- keitsindex	-0,026	0,013	1	0,052	0,974	0,949	1,000

Die Perioden-Prävalenz für die Allergieneigung zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht. Die Prävalenz wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Alter“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.145).

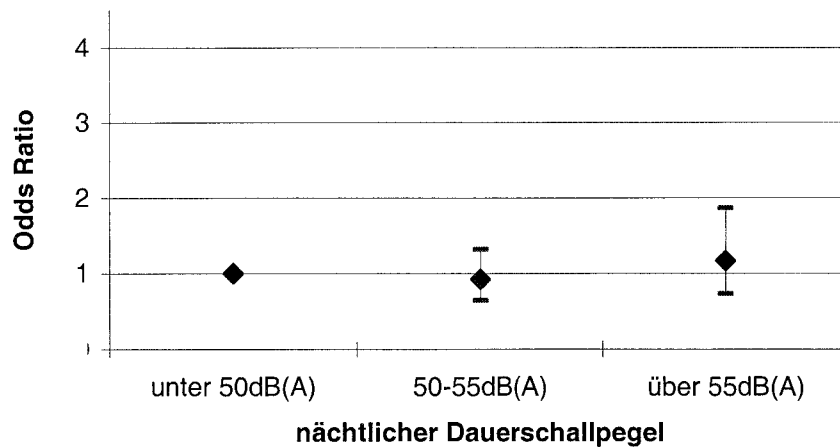


Abb. 9.145 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Allergieneigung in Abhängigkeit von der Schallbelastung in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios lassen keinen nennenswerten Zusammenhang mit der nächtlichen Schallbelastung durch Straßenverkehr erkennen.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.52). Die adjustierten Odds-Ratios ließen auch in der Teilstichprobe keinen nennenswerten Zusammenhang mit der nächtlichen Schallbelastung durch Straßenverkehr erkennen.

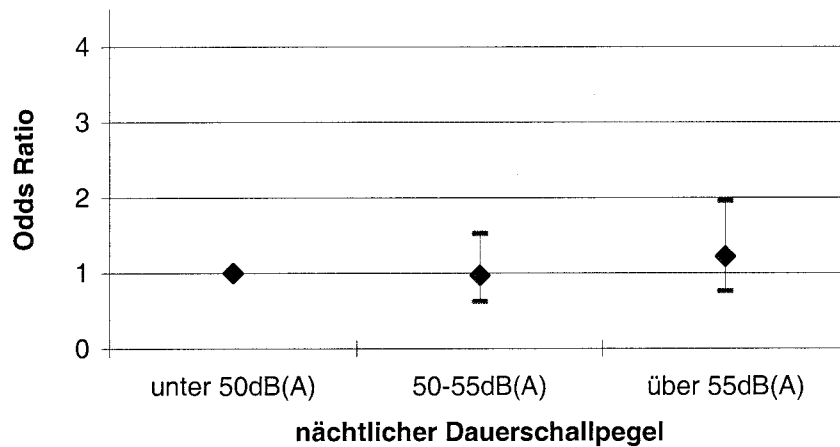


Abb. 9.146 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Allergieneigung in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen)

### Fluglärmzonen



Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz von Allergieneigung in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.101 zusammengefasst.

Tab. 9.101 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz von Allergieneigung in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

76,9 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,045	0,006	1	0,000	1,046	1,034	1,059
Lärmempfindlich- keitsindex	-0,028	0,013	1	0,040	0,973	0,947	0,999

Die Perioden-Prävalenz der Allergieneigung zeigte keine signifikante Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Lärmempfindlichkeit“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Fluglärmmzonen im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.147).

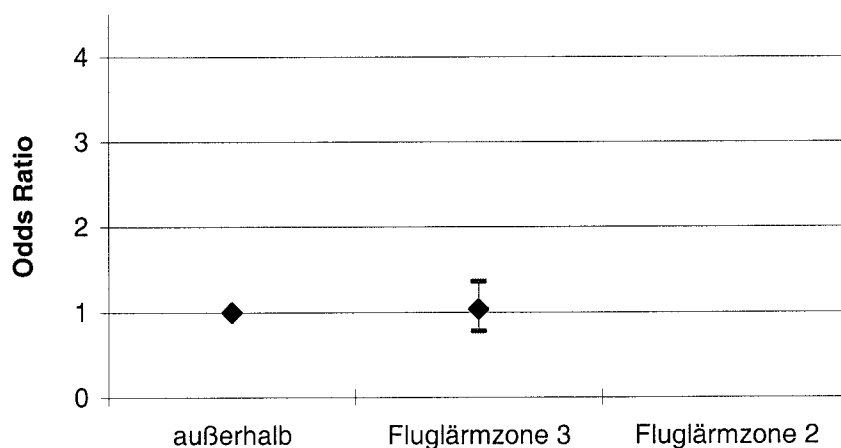


Abb. 9.147 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Allergieneigung in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe)

Für Probanden, die in der Fluglärmmzone 3 wohnten, war das Risiko für eine erhöhte Allergieneigung nicht erhöht. In der Fluglärmmzone 2 lagen nicht genügend gültige Fälle vor.

### Subjektive Störung durch Lärm am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für die Allergieneigung in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.102 zusammengefasst.

Tab. 9.102 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für die Allergieneigung in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

69,3 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,045	0,007	1	0,000	1,046	1,032	1,059

Die Allergieneigung zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Alter“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung durch Lärm am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.148).

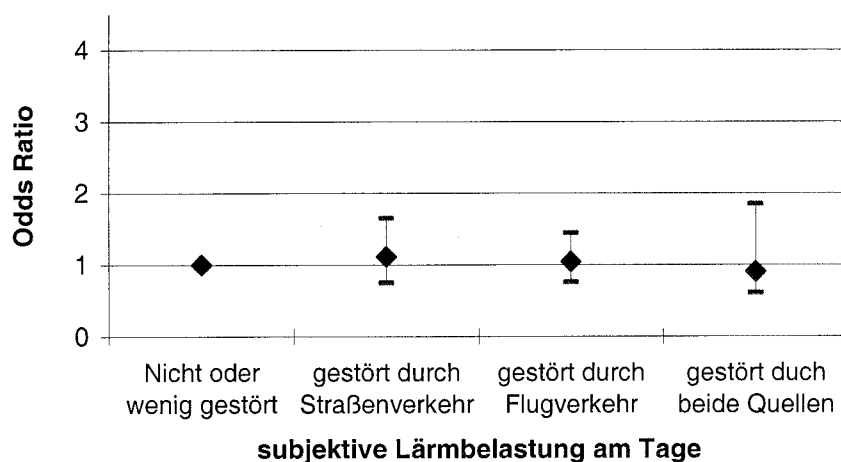


Abb. 9.148 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Allergieneigung in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios für die Allergieneigung lassen keinen nennenswerten Zusammenhang mit der subjektiven Störung am Tag durch Straßenverkehrslärm, durch Fluglärm oder durch beide Quellen erkennen.

### Subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für die Allergieneigung in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht ist in Tab. 9.103 zusammengefasst.

Tab. 9.103 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für die Allergieneigung in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

70,4 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	0,044	0,006	1	0,000	1,045	1,032	1,058

Die Allergieneigung zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Alter“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung durch Lärm in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.149).

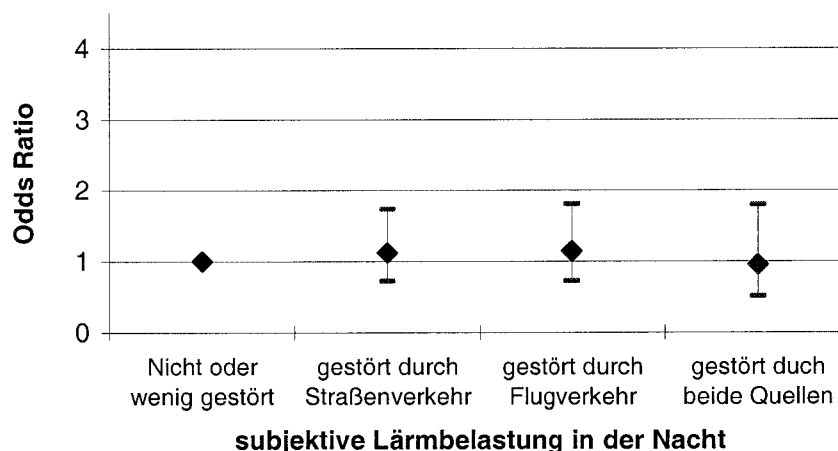


Abb. 9.149 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Allergieneigung in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios für die Allergieneigung lassen keinen nennenswerten Zusammenhang mit der subjektiven Störung in der Nacht durch Straßenverkehrslärm, durch Fluglärm oder durch beide Quellen erkennen.

## 9.4 Psychische Störungen

Unter dem Begriff psychische Störungen wurde die Prävalenz ärztlicher Behandlungen aufgrund von psychischen Störungen (z.B. Angstzustände, Essstörungen, Depressionen, Psychosen) im 9. Durchgang des SGS ausgewertet (Perioden-Prävalenz). Zusätzlich wurde die Prävalenz ärztlicher Behandlungen im Laufe des Lebens analysiert (Lebenszeit-Prävalenz).

### 9.4.1 Psychische Störungen

Mit der Frage „Waren Sie seit der letzten Untersuchung (seit 2 Jahren) wegen einer psychischen Erkrankung (z.B. Angstzustände, Essstörungen, Depression, Psychose) in ärztlicher Behandlung“ wurde die Perioden-Prävalenz der ärztlichen Behandlungen in Abhängigkeit von der „objektiven“ Schallbelastung durch Straßenverkehr (Schallpegel nach Lärmkarte), den Fluglärmmzonen sowie der subjektiven Störung durch Lärm analysiert. Mit Hilfe der logistischen Regression wurden Odds-Ratios (OR) berechnet. In die Regressionsmodelle wurden 12 Kontrollvariablen (vgl. Kapitel 8.1) aufgenommen.

#### Tagesbelastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag ist in Tab. 9.104 zusammengefasst.

Tab. 9.104 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

69,1 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	-0,042	0,012	1	0,001	0,959	0,936	0,982
Lärmempfindlich- keitsindex	0,147	0,027	1	0,000	1,158	1,098	1,222
Sport	-0,649	0,267	1	0,015	0,523	0,310	0,881
Tabakkonsum	0,641	0,308	1	0,038	1,898	1,037	3,473
Verlust des Ehepartners	0,723	0,264	1	0,006	2,061	1,229	3,456
Erfragter Hörschaden	0,519	0,303	1	0,087	1,680	0,928	3,044

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Lärmempfindlichkeit“, „Sportliche Aktivität“, „Tabakkonsum“ und „Verlust des Ehepartners“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.150).

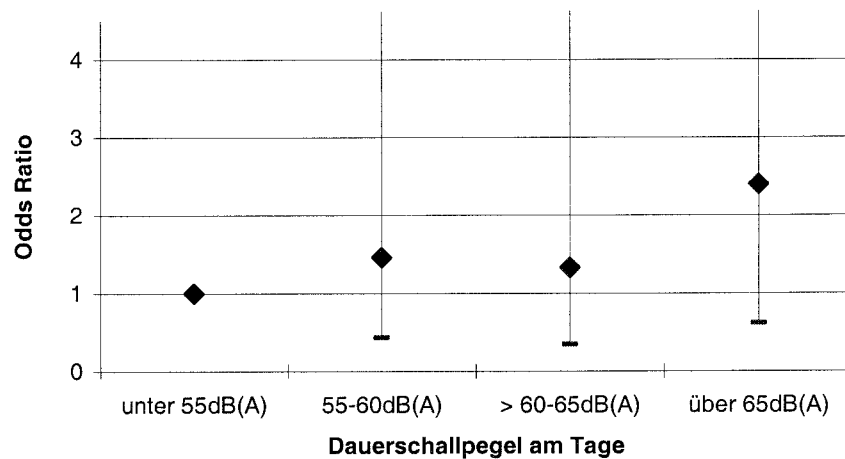


Abb. 9.150 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (Gesamtstichprobe)

In der Pegelklasse über 65 dB(A) war das Risiko für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in der Gesamtstichprobe deutlich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A) (OR = 2,4)). Die adjustierten Odds-Ratios ließen jedoch keine klare Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem Dauerschallpegel des Straßenverkehrs am Tag erkennen.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich leicht veränderte Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.151). In der Pegelklasse über 65 dB(A) war auch in der Teilstichprobe das Risiko für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen deutlich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A) (OR = 2,0). In der Pegelklasse 55-60 dB(A) war das Risiko in der Teilstichprobe nicht mehr erhöht und in der Pegelklasse 60-65 dB(A) nur noch leicht (OR = 1,2). Eine Dosis-Wirkungs-Beziehung ließ sich auch hier nicht eindeutig erkennen. Eine lineare Trendberechnung führte auf einen Anstieg der Odds-Ratios von 8 % pro dB(A).

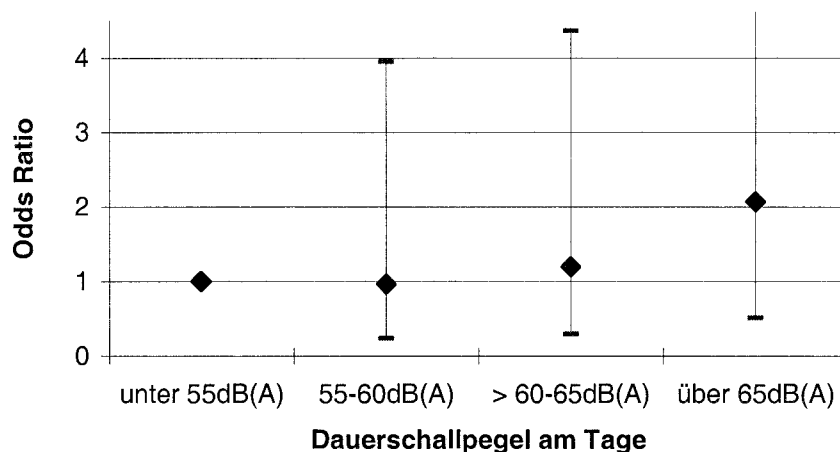


Abb. 9.151 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen)

### Nächtliche Belastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht ist in Tab. 9.105 zusammengefasst.

Tab. 9.105 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

69,1 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	-0,042	0,012	1	0,001	0,959	0,936	0,982
Lärmempfindlich- keitsindex	0,147	0,027	1	0,000	1,158	1,098	1,222
Sport	-0,649	0,267	1	0,015	0,523	0,310	0,881
Tabakkonsum	0,641	0,308	1	0,038	1,898	1,037	3,473
Verlust des Ehepartners	0,723	0,264	1	0,006	2,061	1,229	3,456
Erfragter Hörschaden	0,519	0,303	1	0,087	1,680	0,928	3,044

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Lärmempfindlichkeit“, „Sportliche Aktivität“, „Tabakkonsum“ und „Verlust des Ehepartners“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.152).

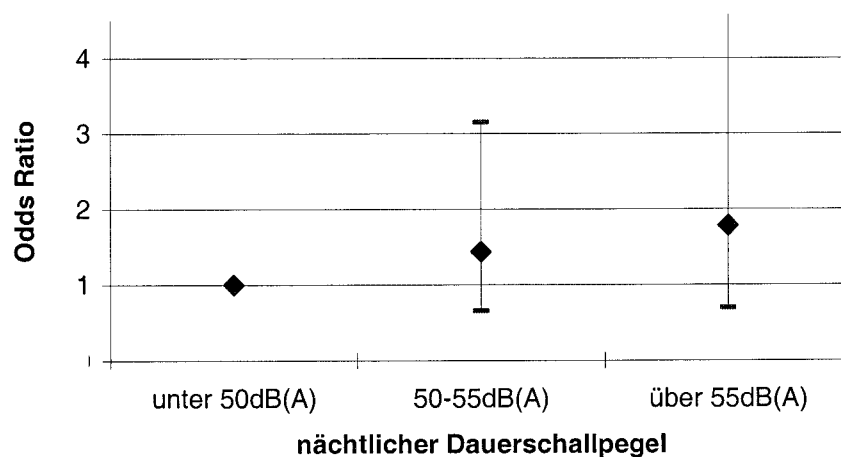


Abb. 9.152 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit von der Schallbelastung in der Nacht (Gesamtstichprobe)

In der Pegelklasse über 55 dB(A) war das Risiko für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in der Gesamtstichprobe deutlich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) (OR = 1,8). Die adjustierten Odds-Ratios lassen eine klare Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs erkennen. Eine lineare Trendberechnung führte auf einen Anstieg der Odds-Ratios von 8 % pro dB(A).

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.153). In der Pegelklasse über 55 dB(A) war auch in der Teilstichprobe das Risiko für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen deutlich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) (OR = 1,8). Die Annahme einer Dosis-Wirkungs-Beziehung wurde bestätigt. Eine lineare Trendberechnung führte hier ebenfalls auf einen Anstieg von 8 % pro dB(A).

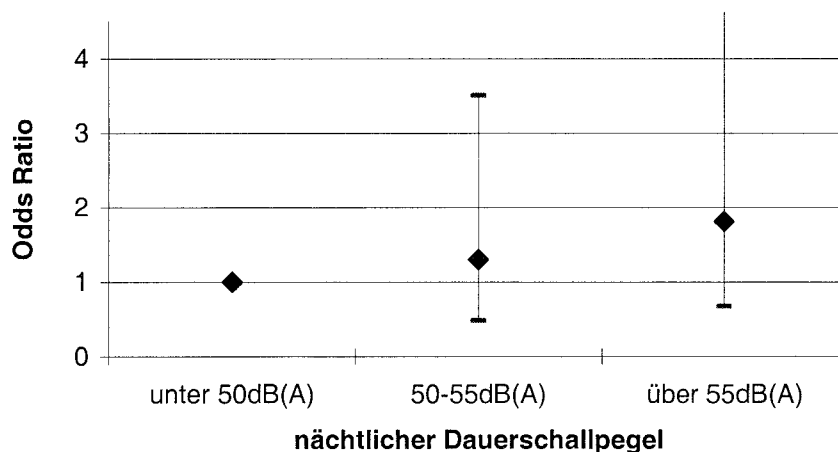


Abb. 9.153 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen)

Bei den vorangegangenen Analysen wurden auch Probanden berücksichtigt, die in den letzten 2 Jahren umgezogen waren. Wurden diese Probanden von der Analyse ausgeschlossen, so ergab sich ein geringfügig verändertes Bild in Richtung der Arbeitshypothese (Tab. 9.106).

Tab. 9.106 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

58,3 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	-0,042	0,014	1	0,003	0,959	0,933	0,986
Lärmempfindlich- keitsindex	0,167	0,031	1	0,000	1,181	1,112	1,255
Sport	0,500	0,294	1	0,089	0,607	0,341	1,079
Verlust des Ehepartners	0,668	0,297	1	0,025	1,950	1,084	3,491
Erfragter Hörschaden	0,741	0,325	1	0,022	2,098	1,110	3,963

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen zeigte für Personen, die in den letzten 2 Jahren nicht umgezogen waren, keine signifikante Abhängigkeit von der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Lärmempfindlichkeit“, „Verlust des Ehepartners“ und „Erfragter Hörschaden“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die nächtliche Schallbelastung durch Straßenverkehr im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.154).



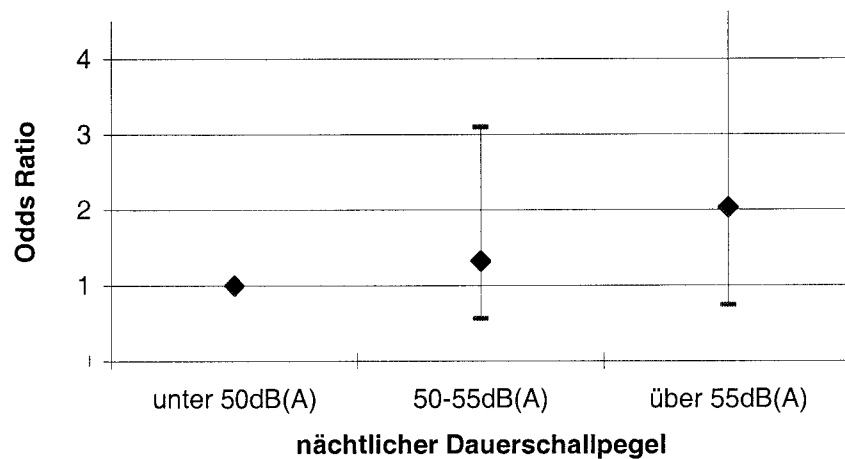


Abb. 9.154 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (kein Umzug)

In der Pegelklasse über 55 dB(A) war das Risiko für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen deutlich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) ( $OR = 2,0$ ). Die adjustierten Odds-Ratios lassen eine eindeutige Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs erkennen. Eine lineare Trendberechnung führte auf einen Anstieg der Odds-Ratios von 10 % pro dB(A).

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (Abb. 9.54). In der Pegelklasse über 55 dB(A) war auch in der Teilstichprobe das Risiko für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen deutlich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) ( $OR = 1,9$ ). Eine lineare Trendberechnung führte auf hier einen Anstieg von 9 % pro dB(A).

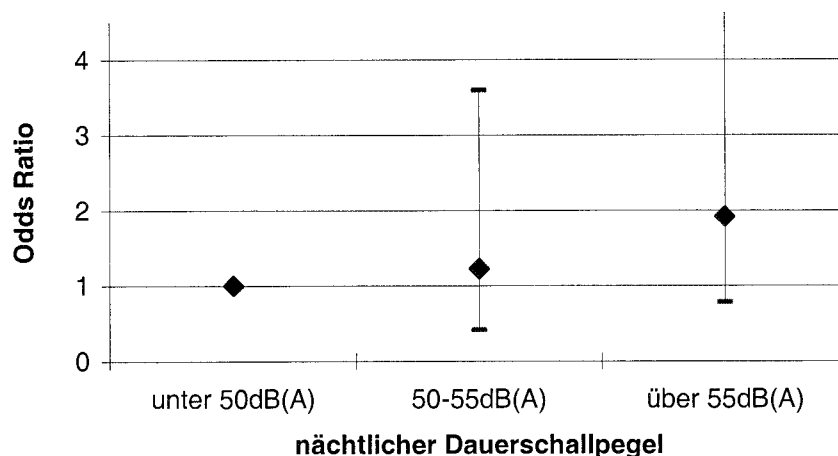


Abb. 9.155 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen; kein Umzug)

Bei den vorangegangenen Analysen wurde das Fensteröffnungsverhalten der Probanden nicht beachtet. Die Stellung der Schlafzimmerfenster ist aber ein wichtiger Moderator der nächtlichen Schallbelastung am Ohr des Schlafers (vgl. Kapitel 4.4.2).

Tab. 9.37 enthält die Ergebnisse der logistischen Regression, wenn nur Probanden in die Analyse aufgenommen wurden, die bei der Befragung (Lärmfragebogen) angaben, überwiegend bei geöffnetem Fenster zu schlafen.

Tab. 9.107 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (geöffnetes Fenster)

14,6 % gültige Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	-0,062	0,024	1	0,009	0,939	0,897	0,984
Lärmempfindlich- keitsindex	0,236	0,063	1	0,000	1,266	1,120	1,432

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht, wenn nur Personen betrachtet wurden, die überwiegend mit geöffnetem Fenster schliefen. Sie wurde für diese Personengruppe signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“ und „Lärmempfindlichkeit“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die nächtliche Schallbelastung durch Straßenverkehr im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.156).

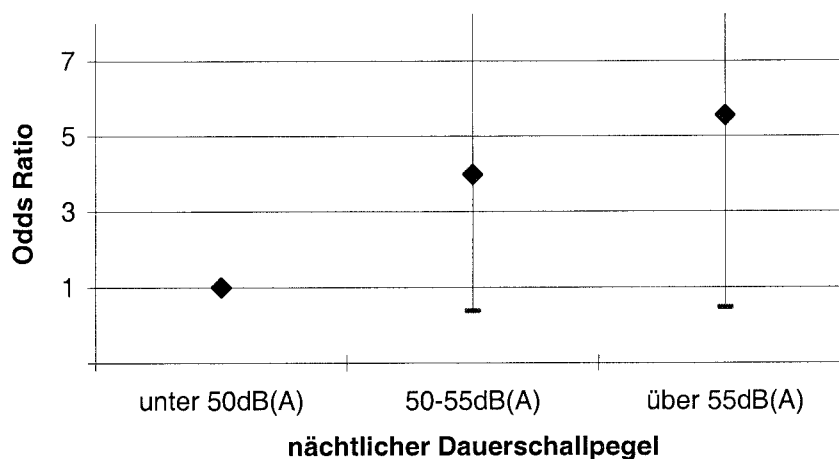


Abb. 9.156 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (geöffnetes Schlafzimmerfenster)

In der Pegelklasse über 55 dB(A) war das Risiko für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen für Personen, die mit geöffnetem Fenster schliefen, erheblich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) (OR = 5,6). Die adjustierten Odds-Ratios zeigten auch in diesem Teilkollektiv eine eindeutige Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs. Eine lineare Trendberechnung führte auf einen Anstieg der Odds-Ratios von 43 % pro dB(A). Die Konfidenzintervalle für die Odds-Ratios in den Pegelklassen waren jedoch sehr groß.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (Abb. 9.157). In der Pegelklasse über 55 dB(A) war in der Teilstichprobe das Risiko für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen erheblich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) (OR = 4,8)). Die Annahme einer Dosis-Wirkungs-Beziehung wurde bestätigt. Eine lineare Trendberechnung führte auf einen Anstieg der Odds-Ratios von 39 % pro dB(A). Die Konfidenzintervalle für die Odds-Ratios in den Pegelklassen waren jedoch sehr groß.

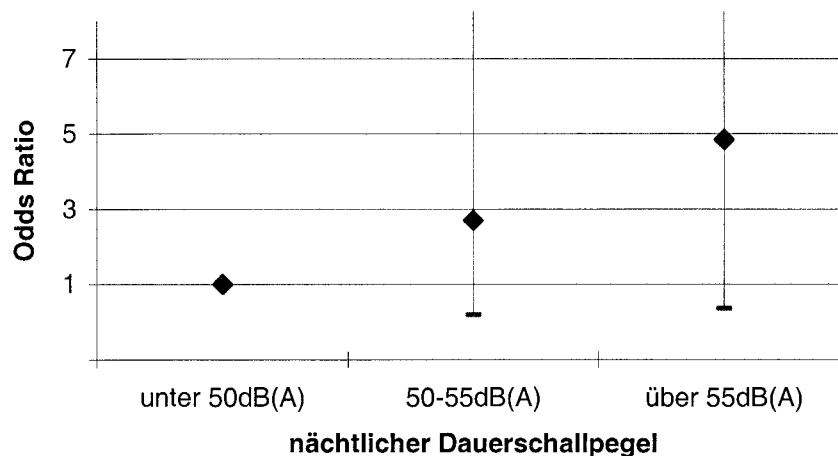


Abb. 9.157 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen)

### Fluglärmmzonen

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.108 zusammengefasst.

Tab. 9.108 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Psychische Störungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

68 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	-0,045	0,012	1	0,000	0,956	0,934	0,979
Lärmempfindlich- keitsindex	0,143	0,027	1	0,000	1,154	1,094	1,217
Sport	-0,611	0,267	1	0,022	0,543	0,322	0,916
Verlust des Ehepartners	-0,717	0,265	1	0,007	2,048	1,218	3,445
Erfragter Hörschaden	0,520	0,303	1	0,086	1,682	0,928	3,047

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Lärmempfindlichkeit“, „Sportliche Aktivität“ und „Verlust des Ehepartners“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Fluglärmmzonen im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.158).

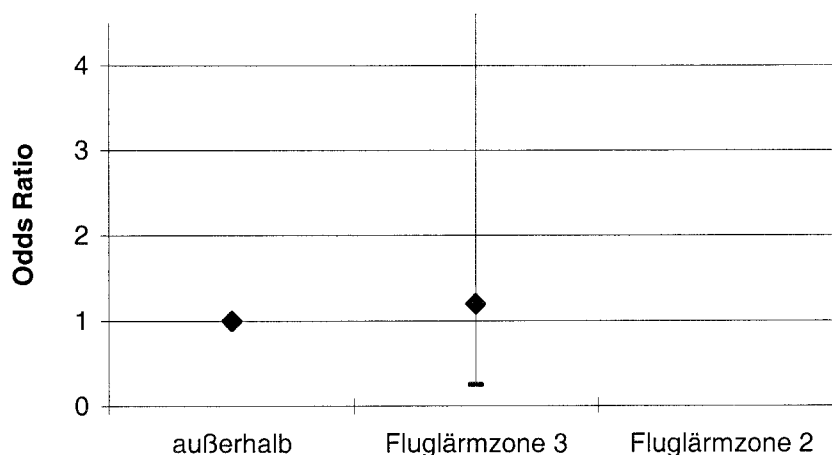


Abb. 9.158 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit von den Fluglärmszonen (Gesamtstichprobe)

Für Probanden die in der Fluglärmszone 3 wohnten war das Risiko für eine Behandlung psychischer Störungen nicht nennenswert erhöht. In der Fluglärmszone 2 lagen nicht genügend gültige Fälle vor.

### Subjektive Störung durch Lärm am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.109 zusammengefasst.

Tab. 9.109 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

61,5 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
wenig gestört					1,000		
Straßenverkehr	1,004	0,364	1	0,006	2,729	1,338	5,565
Flugverkehr	0,791	0,357	1	0,027	2,206	1,096	4,439
beides	1,063	0,375	1	0,005	2,895	1,388	6,038
Alter	-0,034	0,014	1	0,012	0,966	0,941	0,993
Lärmempfindlich- keitsindex	-0,142	0,031	1	0,000	1,153	1,085	1,224
Tabakkonsum	0,663	0,345	1	0,055	1,940	0,986	3,817
Verlust des Ehepartners	0,804	0,287	1	0,005	2,235	1,275	3,920

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen zeigte eine signifikante Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag. Sie wurde außerdem signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Lärmempfindlichkeit“ und „Verlust des Ehepartners“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung im statistisch reduzierten Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.159).

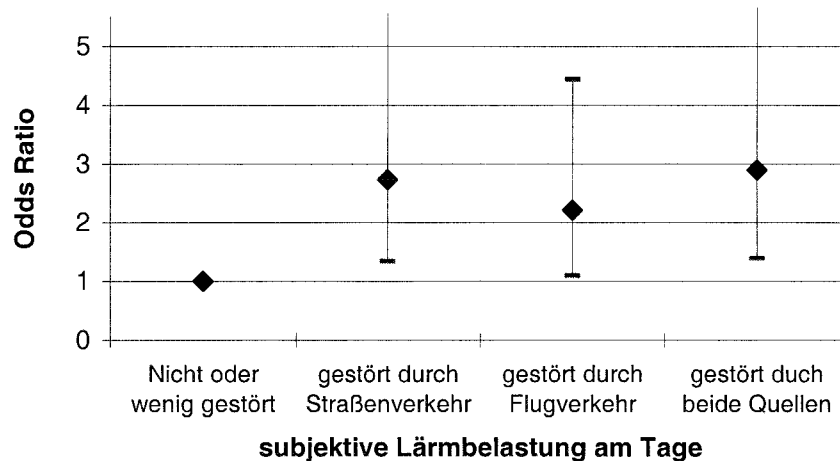


Abb. 9.159 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios lassen eine Zunahme des relativen Risikos für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Flug- oder Straßenlärmbelastung am Tag erkennen ( $OR = 2,2$ ,  $p = 0,027$ ;  $OR = 2,7$ ,  $p = 0,006$ ). Für Personen, die angaben sowohl durch Fluglärm als auch durch Straßenverkehrslärm stark gestört zu sein (Belastungsklasse „beide Quellen“), war das Risiko nochmals leicht erhöht ( $OR = 2,9$ ,  $p = 0,005$ ). Die adjustierten Odds-Ratios lassen das Vorliegen einer ordinalen Dosis-Wirkungs-Beziehung mit der Störung durch Verkehrslärm am Tag erkennen.

Bei den vorgegangenen Analysen wurde die Referenzgruppe als Summenvariable aus den Antwortkategorien „nicht gestört“ und „wenig gestört“ gebildet. Wurden nur die Probanden als Referenzgruppe herangezogen, die bei der Befragung angaben „nicht“ gestört zu sein, so war eine deutliche Erhöhung der signifikanten relativen Risiken – in Richtung der Arbeitshypothese – zu verzeichnen (vgl. Abb. 9.160).

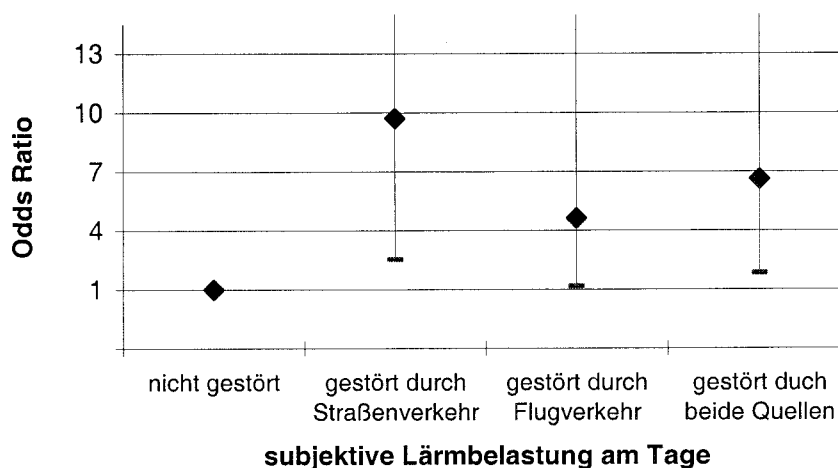


Abb. 9.160 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe, Referenzgruppe: „nicht gestört“)

### Subjektive Störung durch Lärm in der Nacht

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.110 zusammengefasst.

Tab. 9.110 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

62,3 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	-0,042	0,013	1	0,001	0,959	0,935	0,983
Lärmempfindlich- keitsindex	0,138	0,029	1	0,000	1,148	1,084	1,216
Sport	-0,698	0,293	1	0,017	0,498	0,280	0,884
Tabakkonsum	0,580	0,338	1	0,086	1,786	0,921	3,462
Verlust des Ehepartners	0,754	0,285	1	0,008	2,126	1,216	3,717

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Lärmempfindlichkeit“, „Sportliche Aktivität“ und „Verlust des Ehepartners“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Fluglärmmzonen im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.161).

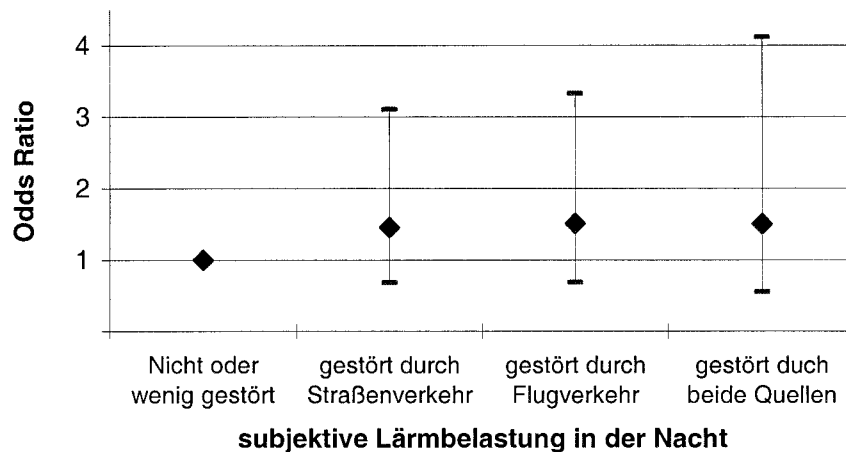


Abb. 9.161 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigen, dass die geschätzten relativen Risiken für eine Behandlung aufgrund von psychischen Störungen in der Gesamtstichprobe für Personen erhöht waren, die sich in der Nacht durch Flug- oder Straßenlärm stark gestört fühlten ( $OR = 1,5$ ;  $OR = 1,5$ ). Für Personen, die angaben, sowohl durch Fluglärm als auch durch Straßenverkehrslärm stark gestört zu sein (Belastungsklasse „beide Quellen“), blieb das Risiko auf dem gleichen Niveau ( $OR = 1,5$ ).

### Lebenszeit-Prävalenz: Behandlungen psychischer Störungen

Mit der Frage „Hat ein Arzt bei Ihnen jemals eine psychische Störungen festgestellt, wurde die Lebenszeit-Prävalenz in Abhängigkeit von der „objektiven“ Schallbelastung durch Straßenverkehr (Schallpegel nach Lärmkarte), den Fluglärmzonen sowie der subjektiven Störung durch Lärm analysiert. Mit Hilfe der logistischen Regression wurden Odds-Ratios (OR) berechnet. In die Regressionsmodelle wurden 12 Kontrollvariablen (vgl. Kapitel 8.1) aufgenommen.

#### Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz von psychischen Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag ist in Tab. 9.111 zusammengefasst.



Tab. 9.111 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

73,9 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	-0,026	0,010	1	0,009	0,975	0,956	0,994
Sozio-ökonom. Index	-0,186	0,098	1	0,057	0,831	0,686	1,006
Lärmempfindlich- keitsindex	0,118	0,021	1	0,000	1,125	1,079	1,173
Sport	-0,476	0,199	1	0,017	0,621	0,421	0,917
Tabakkonsum	0,439	0,250	1	0,079	1,552	0,951	2,532
Verlust des Ehepartners	0,797	0,206	1	0,000	2,219	1,483	3,321
Erfragter Hörschaden	0,456	0,233	1	0,051	1,577	0,998	2,492

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischer Störungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Lärmempfindlichkeit“, „Sportliche Aktivität“ und „Verlust des Ehepartners“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.162).

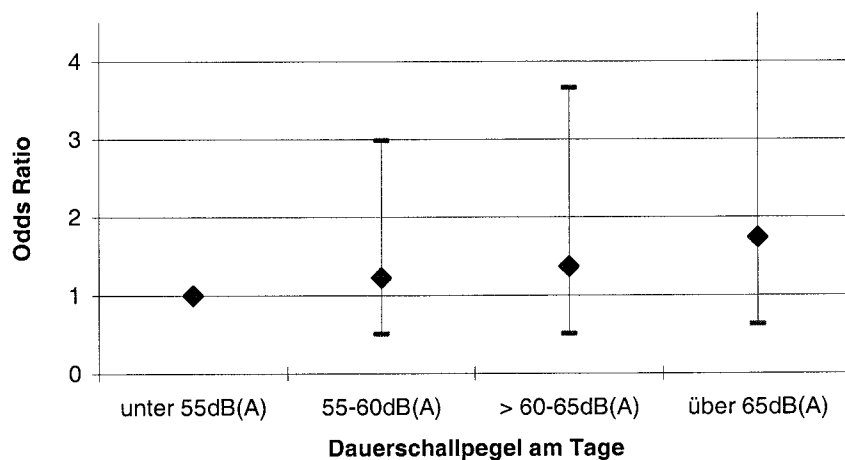


Abb. 9.162 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit von der Schallbelastung am Tag (Gesamtstichprobe)

In der Pegelklasse über 65 dB(A) war das Risiko für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in der Gesamtstichprobe deutlich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) (OR = 1,7). Die adjustierten Odds-Ratios lassen insgesamt eine klare Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem Dauerschallpegel des Straßenverkehrs am Tag erkennen. Eine lineare Trendberechnung führte auf einen Anstieg der Odds-Ratios von 5 % pro dB(A).

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.163). In der Pegelklasse über 65 dB(A) war auch in der Teilstichprobe das Risiko für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen deutlich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) ( $OR = 1,7$ ). Die Annahme einer Dosis-Wirkungs-Beziehung wurde bestätigt. Eine lineare Trendberechnung führte auf hier ebenfalls auf einen Anstieg von 5 % pro dB(A).

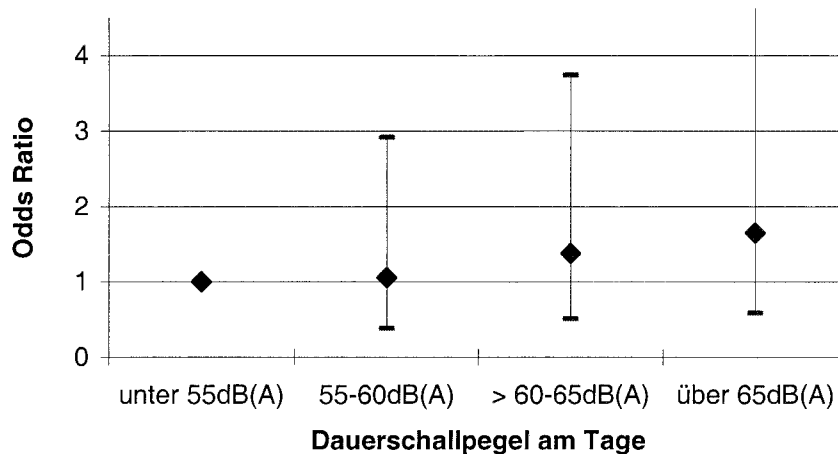


Abb. 9.163 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen)

### Nächtliche Schallbelastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen aufgrund psychischer Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.112 zusammengefasst.

Tab. 9.112 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

73,9 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	-0,026	0,010	1	0,009	0,975	0,956	0,994
Sozio-ökonom. Index	-0,186	0,098	1	0,057	0,831	0,686	1,006
Lärmempfindlich- keitsindex	0,118	0,021	1	0,000	1,125	1,079	1,173
Sport	-0,476	0,199	1	0,017	0,621	0,421	0,917
Tabakkonsum	0,439	0,250	1	0,079	1,552	0,951	2,532
Verlust des Ehepartners	0,797	0,206	1	0,000	2,219	1,483	3,321
Erfragter Hörschaden	0,456	0,233	1	0,051	1,577	0,998	2,492

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Lärmempfindlichkeit“, „Sportliche Aktivität“ und „Verlust des Ehepartners“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.164).

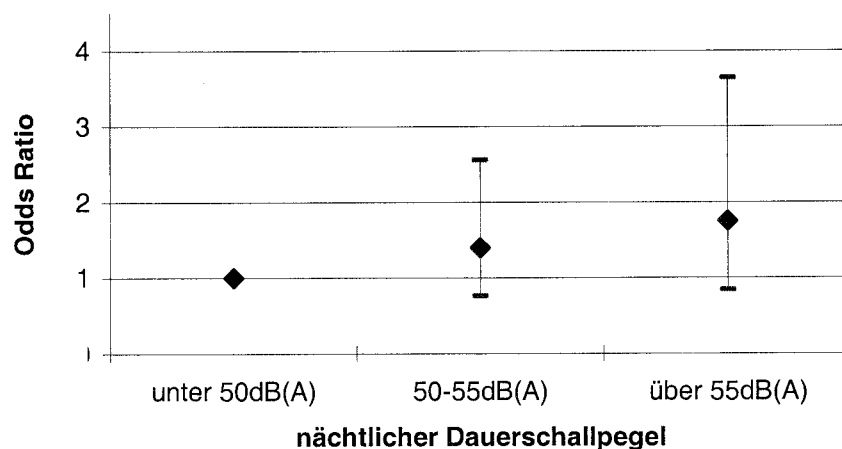


Abb. 9.164 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe)

In der Pegelklasse über 55 dB(A) war das Risiko für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in der Gesamtstichprobe deutlich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) (OR = 1,8;  $p = 0,132$ ). Die adjustierten Odds-Ratios lassen eine klare Dosis-Wirkungs-

Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs erkennen. Eine lineare Trendberechnung führte auf einen Anstieg der Odds-Ratios von 8 % pro dB(A).

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.165). In der Pegelklasse über 55 dB(A) war auch in der Teilstichprobe das Risiko für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen deutlich höher als in der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) (OR = 1,7;  $p = 0,147$ ). Die Annahme einer Dosis-Wirkungs-Beziehung wurde bestätigt. Eine lineare Trendberechnung führte hier auf einen Anstieg von 7 % pro dB(A).

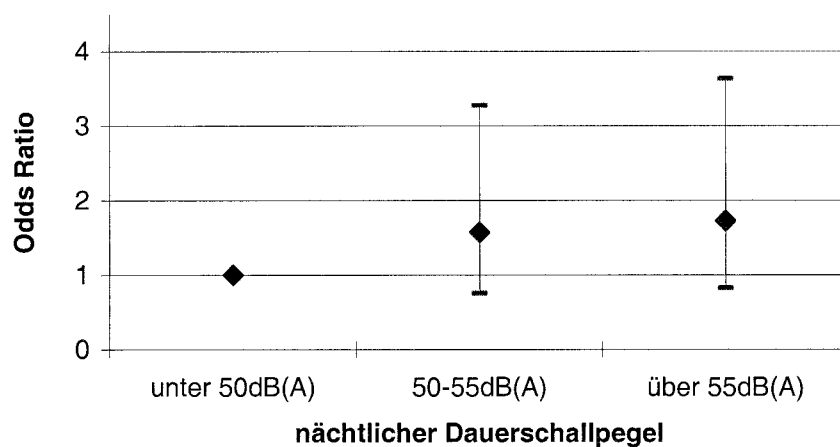


Abb. 9.165 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen)

### Fluglärmzonen

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz von psychischen Erkrankungen in Abhängigkeit von den Fluglärmzonen und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.113 zusammengefasst.

Tab. 9.113 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

72,8 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	-0,028	0,010	1	0,004	0,972	0,954	0,991
Sozio-ökonom. Index	-0,193	0,099	1	0,051	0,825	0,680	1,000
Lärmempfindlich- keitsindex	0,113	0,021	1	0,000	1,120	1,074	1,167
Sport	-0,515	0,202	1	0,011	0,598	0,402	0,888
Verlust des Ehepartners	0,816	0,207	1	0,000	2,262	1,508	3,393
Erfragter Hörschaden	0,437	0,236	1	0,064	1,549	0,974	2,461

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Lärmempfindlichkeit“, „Sportliche Aktivität“ und „Verlust des Ehepartners“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.166).

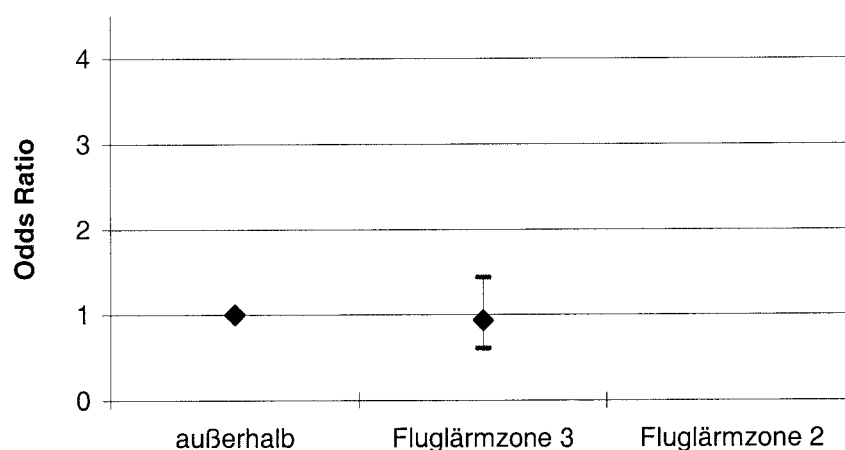


Abb. 9.166 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe)

Für Probanden die in der Fluglärmmzone 3 wohnten war das Risiko für eine Behandlung psychischer Störungen im Laufe des Lebens nicht nennenswert erhöht. In der Fluglärmmzone 2 war die Anzahl der gültigen Fälle nicht ausreichend.

### Subjektive Störung durch Lärm am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz von psychischen Störungen in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.114 zusammengefasst.

Tab. 9.114 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Behandlungen aufgrund psychischer Störungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

65,8 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
wenig gestört					1,000		
Straßenverkehr	0,586	0,275	1	0,033	1,797	1,048	3,082
Flugverkehr	0,028	0,272	1	0,919	1,028	0,603	1,753
beides	0,409	0,297	1	0,169	1,505	0,841	2,693
Alter	-0,025	0,010	1	0,017	0,976	0,956	0,996
Sozio-ökonom. Index	-0,223	0,107	1	0,037	0,800	0,649	0,987
Lärmempfindlich- keitsindex	0,113	0,023	1	0,000	1,119	1,071	1,170
Sport	-0,404	0,213	1	0,058	0,668	0,440	1,014
Verlust des Ehepartners	0,790	0,222	1	0,000	2,204	1,427	3,404

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“, „Sozio-ökonomischer Index“, „Lärmempfindlichkeit“ und „Verlust des Ehepartners“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung durch Lärm am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.167).

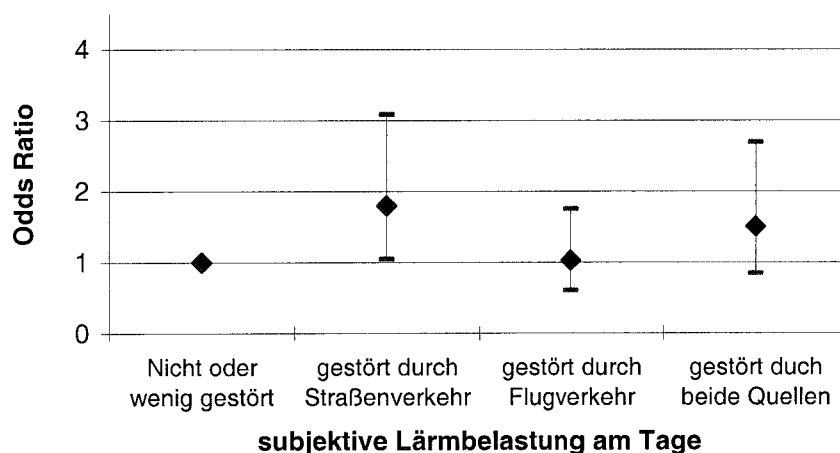


Abb. 9.167 Odds-Ratios in Abhängigkeit für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen zeigten, dass in der Gesamtstichprobe das Risiko für Personen signifikant erhöht war, die sich am Tag durch Straßenverkehrslärm stark gestört fühlten ( $OR = 1,8$ ;  $p = 0,033$ ). Für Fluglärm war kein erhöhtes Risiko zu verzeichnen. Für Personen, die angaben sowohl durch Fluglärm als auch durch Straßenverkehrslärm stark gestört zu sein (Belastungsklasse „beide Quellen“), war das Risiko gegenüber der Referenzgruppe erhöht ( $OR = 1,5$ ;  $p = 0,169$ ), gegenüber der Belastungsklasse Straßenverkehrslärm jedoch verringert. Die adjustierten Odds-Ratios lassen keine ordinale Dosis-Wirkungs-Beziehung mit der nächtlichen Störung durch Verkehrslärm erkennen.

Bei den vorgegangenen Analysen wurde die Referenzgruppe als Summenvariable aus den Antwortkategorien „nicht gestört“ und „wenig gestört“ gebildet. Wurden nur die Probanden als Referenzgruppe herangezogen, die bei der Befragung angaben „nicht“ gestört zu sein, so war eine deutliche Erhöhung der geschätzten relativen Risiken – in Richtung der Arbeitshypothese – zu verzeichnen (vgl. Abb. 9.168).

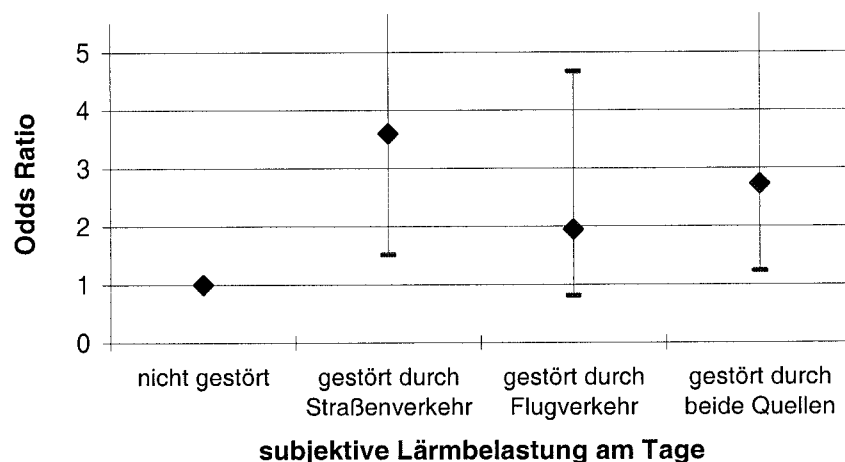


Abb. 9.168 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Referenzgruppe: „nicht gestört“)

### Subjektive Störung durch Lärm in der Nacht

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz von psychischen Störungen in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.115 zusammengefasst.

Tab. 9.115 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

66,9 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alter	-0,031	0,010	1	0,003	0,970	0,950	0,990
Sozio-ökonom. Index	-0,181	0,105	1	0,083	0,834	0,680	1,024
Lärmempfindlich- keitsindex	0,108	0,022	1	0,000	1,114	1,066	1,164
Sport	-0,505	0,215	1	0,019	0,603	0,395	0,920
Verlust des Ehepartners	0,841	0,220	1	0,000	2,318	1,505	3,571
Erfragter Hörschaden	0,438	0,249	1	0,079	1,550	0,951	2,527

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Erkrankung zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht. Sie wurde signifikant durch die Kontrollvariablen „Alter“, „sozio-ökonomischer Index“, „Sportliche Aktivität“ und „Verlust des Ehepartners“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung durch Lärm am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.169).

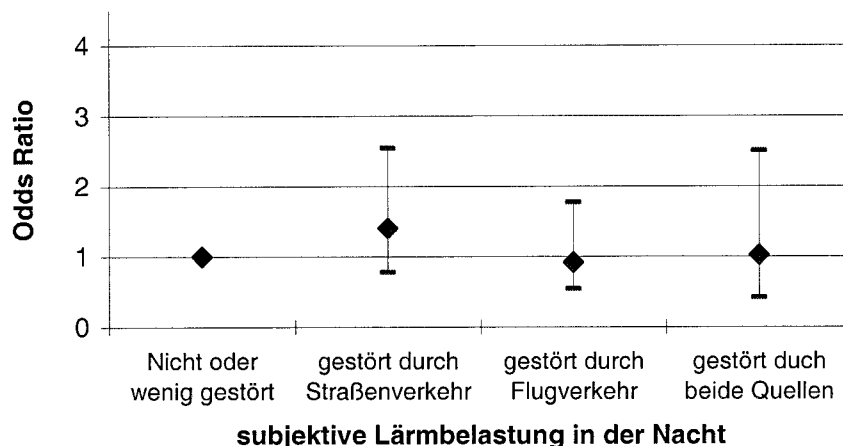


Abb. 9.169 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen zeigten, dass in der Gesamtstichprobe das Risiko für Personen erhöht war, die sich in der Nacht durch Straßenverkehrslärm stark gestört fühlten (OR = 1,4). Für Personen, die angaben durch Fluglärm oder sowohl durch Fluglärm als auch durch Straßenverkehrslärm stark gestört zu sein (Belastungsklasse „beide Quellen“), war das Risiko dagegen nicht erhöht.



## 9.5 Hormone

Unter dem Begriff Hormone wurde die Prävalenz ärztlicher Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen im 9. Durchgang des SGS (Perioden-Prävalenz) sowie die Prävalenz der Behandlungen im Laufe des Lebens (Lebenszeit-Prävalenz) mit der Auswertung der nächtlichen Harnsammlung (Cortisolanalysen) zusammengefasst.

### 9.5.1 Schilddrüsenerkrankungen

Mit der Frage „Waren Sie seit der letzten Untersuchung (seit 2 Jahren) wegen einer Erkrankung der Schilddrüsen in ärztlicher Behandlung“ wurde die Perioden-Prävalenz von ärztlichen Behandlungen in Abhängigkeit von der „objektiven“ Schallbelastung durch Straßenverkehr (Schallpegel nach Lärmkarte), den Fluglärmmzonen sowie der subjektiven Störung durch Lärm analysiert. Mit Hilfe der logistischen Regression wurden Odds-Ratios (OR) berechnet. In die Regressionsmodelle wurden 12 Kontrollvariablen (vgl. Kapitel 8.1) aufgenommen.

#### Tagesbelastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag ist in Tab. 9.116 zusammengefasst.

Tab. 9.116 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

57,6 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alkoholkonsum	-0,540	0,267	1	0,043	0,583	0,345	0,984
Jahreszeit Winter	-0,590	0,174	1	0,001	0,554	0,394	0,780

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alkoholkonsum“ und „Jahreszeit der Untersuchung“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.170).

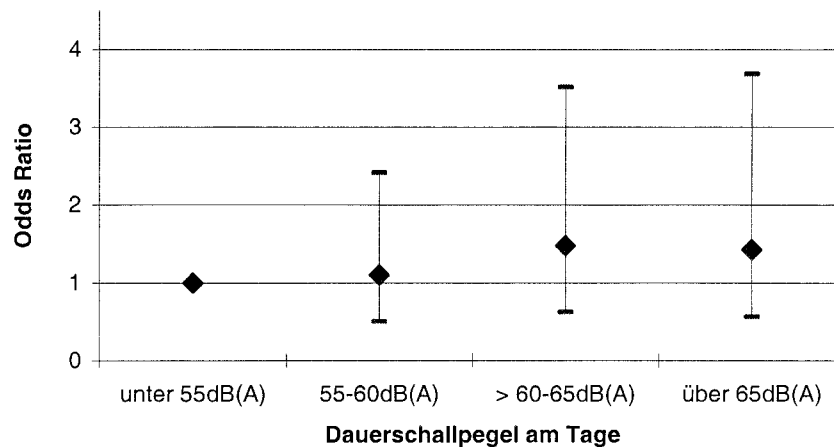


Abb. 9.170 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der Schallwahrnehmung am Tag (Gesamtstichprobe)

Bei Dauerschallpegeln am Tag von 60-65 dB(A) sowie über 65 dB(A) war das geschätzte Risiko für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankung in der Stichprobe erhöht (OR = 1,5; OR = 1,4). Die adjustierten Odds-Ratios lassen aber keine klare Dosis-Wirkungs-Beziehung erkennen. Eine lineare Trendberechnung führte auf einen Anstieg der Odds-Ratios von 4 % pro dB(A).

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.171). In den Pegelklassen 60-65 dB(A) und über 65 dB(A) war das geschätzte Risiko für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankung auch in der Teilstichprobe erhöht (OR = 1,4; OR = 1,3). Eine Dosis-Wirkungsbeziehung war nicht zu erkennen.

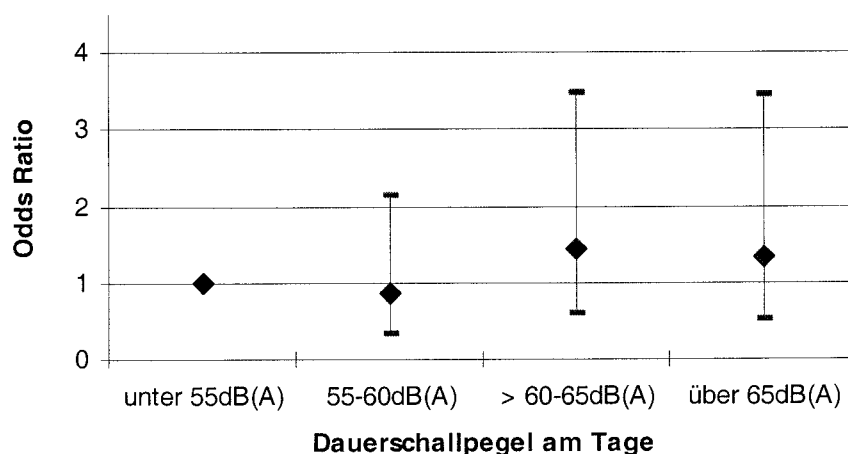


Abb. 9.171 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen)

### Nächtliche Belastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht ist in Tab. 9.117 zusammengefasst.

Tab. 9.117 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

57,6 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Alkoholkonsum	-0,540	0,267	1	0,043	0,583	0,345	0,984
Jahreszeit Winter	-0,590	0,174	1	0,001	0,554	0,394	0,780

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Alkoholkonsum“ und „Jahreszeit der Untersuchung“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.172).

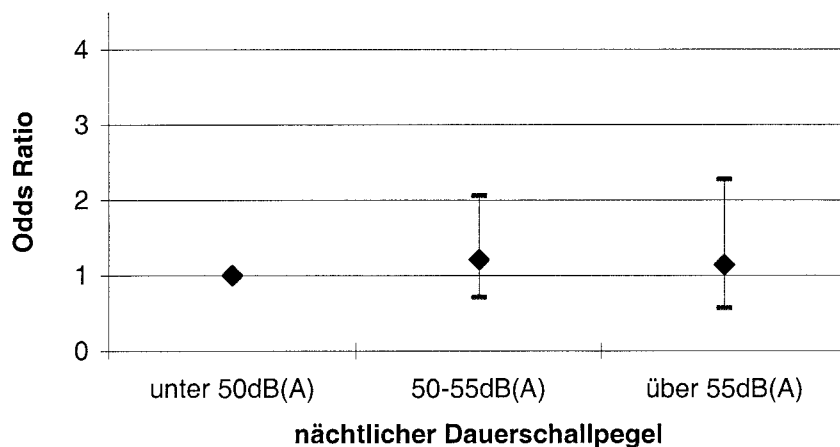


Abb. 9.172 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der Schallbelastung in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankung zeigten in der Gesamtstichprobe keinen nennenswerten Zusammenhang mit dem nächtlichen Dauerschallpegel.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.173). Die adjustierten Odds-Ratios zeigten auch in der Teilstichprobe keinen nennenswerten Zusammenhang mit dem nächtlichen Dauerschallpegel.

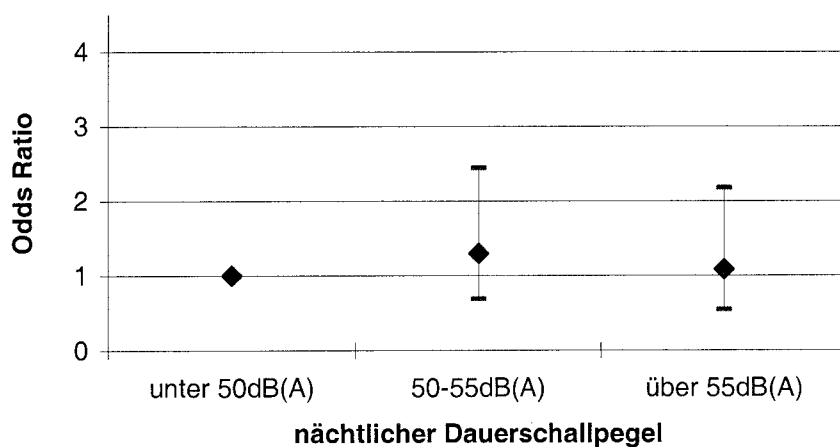


Abb. 9.173 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der Schallbelastung in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen)

### Fluglärmmzonen

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.118 zusammengefasst.

Tab. 9.118 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

57 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
außerhalb					1,000		
Fluglärmzone 3	-0,199	0,216	1	0,358	0,815	0,533	1,245
Fluglärmzone 2	1,217	0,545	1	0,025	3,784	1,263	11,338
Alkoholkonsum	-0,529	0,273	1	0,053	0,584	0,345	1,007
Jahreszeit	-0,586	0,176	1	0,001	0,556	0,394	0,786

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen zeigte eine signifikante Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen. Sie wurde außerdem signifikant durch die Kontrollvariablen „Alkoholkonsum“ und „Jahreszeit der Untersuchung“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Fluglärmmzonen im statistisch reduzierten Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.174).

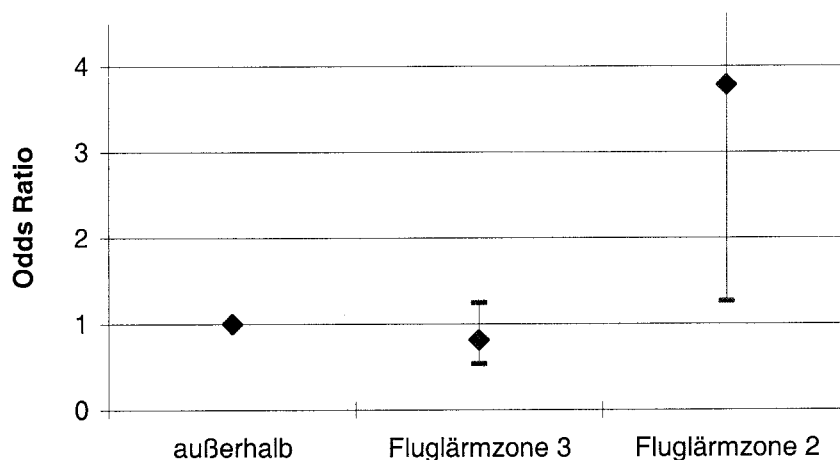


Abb. 9.174 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe)

Für Personen, die in der Fluglärmmzone 2 wohnten, war das geschätzte Risiko für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen signifikant um mehr als 270 % erhöht ( $p = 0,025$ ). Die adjustierten Odds-Ratios lassen insgesamt aber keine Dosis-Wirkungs-Beziehung erkennen.

### Subjektive Störung durch Lärm am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.119 zusammengefasst.

Tab. 9.119 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

51,2 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Sozio-ökonom. Index	-0,194	0,097	1	0,046	0,824	0,681	0,996
Verlust des Ehepartners	0,378	0,221	1	0,086	1,466	0,947	2,250
Jahreszeit Winter	-0,550	0,185	1	0,003	0,577	0,402	0,829

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariablen „Sozio-ökonomischer Index“ und „Jahreszeit der Untersuchung“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.175).

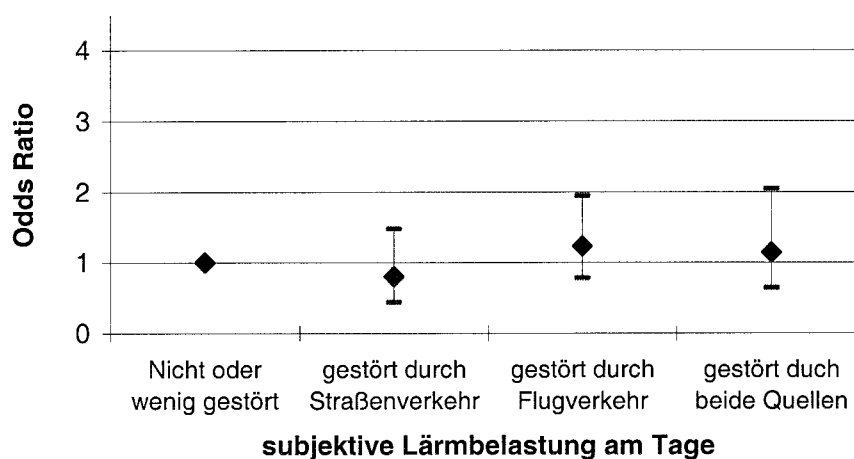


Abb. 9.175 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen zeigten keine nennenswerte Abhängigkeit von der Angabe einer starken subjektiven Störung durch Straßenverkehrslärm am Tag, durch Fluglärm am Tag oder durch beide Quellen.

### Subjektive Störung durch Lärm in der Nacht

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.120 zusammengefasst.

Tab. 9.120 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

52,1 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Sozio-ökonom. Index	-0,183	0,096	1	0,057	0,833	0,690	1,006
Alkoholkonsum	-0,515	0,285	1	0,071	0,598	0,342	1,044
Jahreszeit Winter	-0,581	0,183	1	0,001	0,560	0,391	0,800

Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Jahreszeit der Untersuchung“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.176).

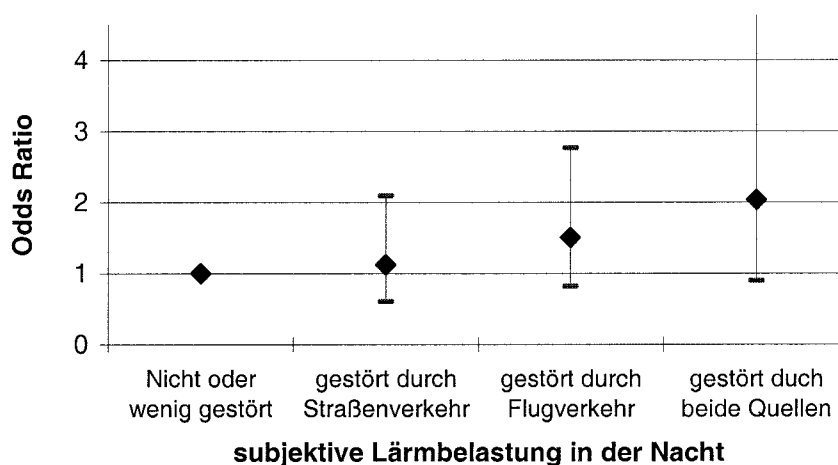


Abb. 9.176 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigten im Vergleich zu den wenig gestörten Probanden, dass das Risiko für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen für Personen erhöht war, die sich in der Nacht durch Fluglärm stark gestört fühlten (OR = 1,5). Für Personen, die angaben sowohl durch Fluglärm als auch durch Straßenverkehrslärm stark gestört zu sein (Belastungskategorie „beide Quellen“), war das Risiko nochmals erhöht (OR = 2,0;  $p = 0,089$ ). Für die Belastungskategorie „gestört durch Straßenverkehrslärm“ war dagegen nur eine

geringfügige Risikoerhöhung zu verzeichnen. Die adjustierten Odds-Ratios deuten auf eine ordinale Dosis-Wirkungs-Beziehung mit der nächtlichen Störung durch Fluglärm.

### Lebenszeit-Prävalenz: Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen

Mit der Frage „Hat ein Arzt bei Ihnen jemals eine Schilddrüsenerkrankung festgestellt, wurde die Lebenszeit-Prävalenz in Abhängigkeit von der „objektiven“ Schallbelastung durch Straßenverkehr (Schallpegel nach Lärmkarte), den Fluglärmzonen sowie der subjektiven Störung durch Lärm analysiert. Mit Hilfe der logistischen Regression wurden Odds-Ratios (OR) berechnet. In die Regressionsmodelle wurden 12 Kontrollvariablen (vgl. Kapitel 8.1) aufgenommen.

#### Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag ist in Tab. 9.121 zusammengefasst.

Tab. 9.121 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen ist in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

68,5 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Sozio-ökonom. Index	-0,136	0,072	1	0,058	0,872	0,758	1,004
Alkoholkonsum	-0,348	0,203	1	0,086	0,706	0,474	1,050
Verlust des Ehepartners	0,332	0,170	1	0,050	1,394	0,999	1,943

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tag. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Verlust des Ehepartners“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.177).



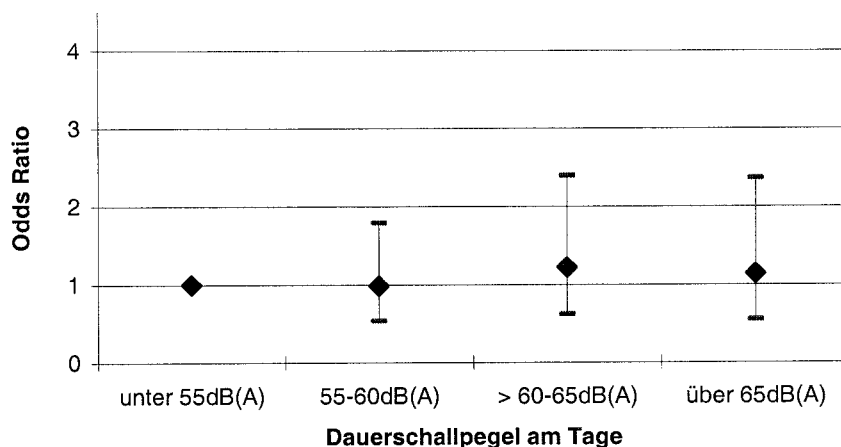


Abb. 9.177 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der Schallbelastung am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen zeigten keinen nennenswerten Zusammenhang mit dem Dauerschallpegel am Tag.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.178). Die adjustierten Odds-Ratios zeigten auch in der Teilstichprobe keinen nennenswerten Zusammenhang mit dem Dauerschallpegel am Tag.

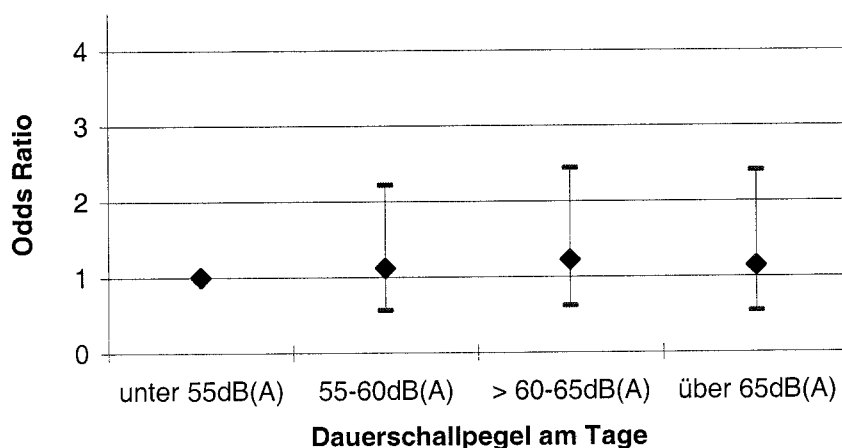


Abb. 9.178 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen)

### Nächtliche Schallbelastung durch Straßenverkehr

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.122 zusammengefasst.

Tab. 9.122 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen ist in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

68,5 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Sozio-ökonom. Index	-0,136	0,072	1	0,058	0,872	0,758	1,004
Alkoholkonsum	-0,348	0,203	1	0,086	0,706	0,474	1,050
Verlust des Ehepartners	0,332	0,170	1	0,050	1,394	0,999	1,943

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der Schallbelastung durch Straßenverkehr in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Verlust des Ehepartners“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Schallbelastung in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.179).

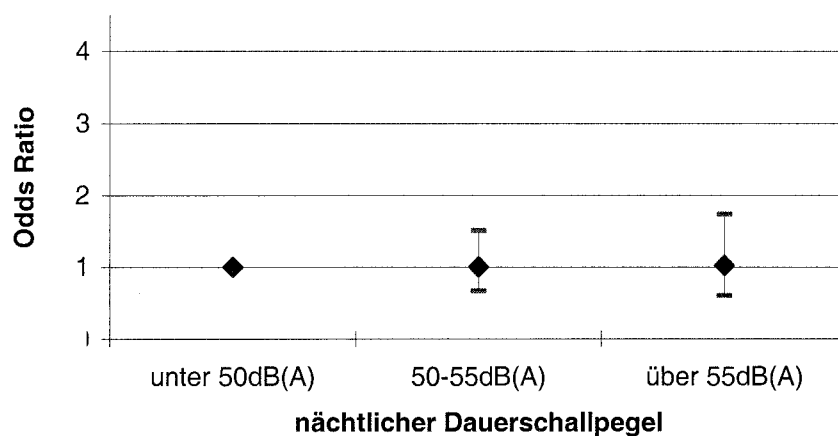


Abb. 9.179 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankung zeigten keinen nennenswerten Zusammenhang mit dem Dauerschallpegel in der Nacht.

Wurden nur Probanden mit Wohnadressen betrachtet, für die ein Datenbankpegel vorlag (vgl. Kapitel 7), ergaben sich vergleichbare Zusammenhänge (vgl. Abb. 9.180). Die adjustierten

Odds-Ratios zeigten auch in der Teilstichprobe keinen nennenswerten Zusammenhang mit dem Dauerschallpegel in der Nacht.

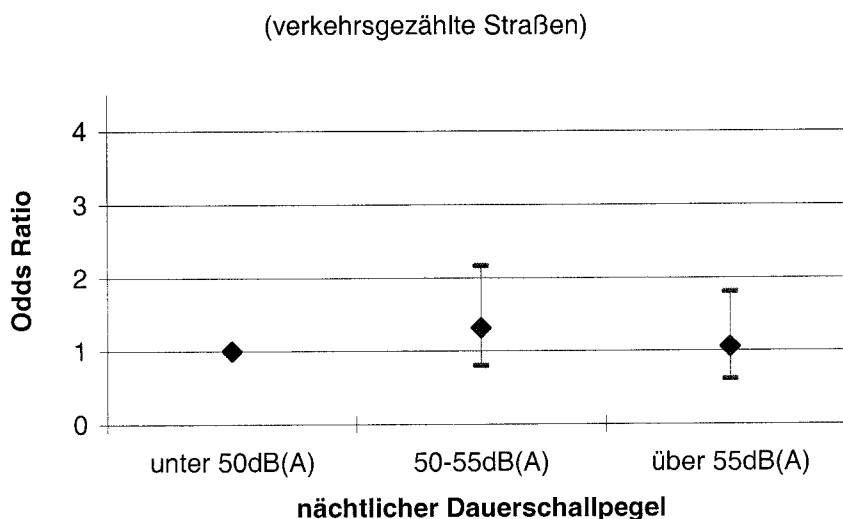


Abb. 9.180 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen)

### Fluglärmmzonen

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.123 zusammengefasst.

Tab. 9.123 Odds-Ratios : Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

67,6 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Sozio-ökonom. Index	-0,146	0,072	1	0,044	0,864	0,750	0,996
Alkoholkonsum	-0,340	0,203	1	0,094	0,712	0,478	1,060
Verlust des Ehepartners	0,312	0,171	1	0,068	1,366	0,977	1,908

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Sozio-ökonomischer Index“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die Fluglärmmzonen im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.181).

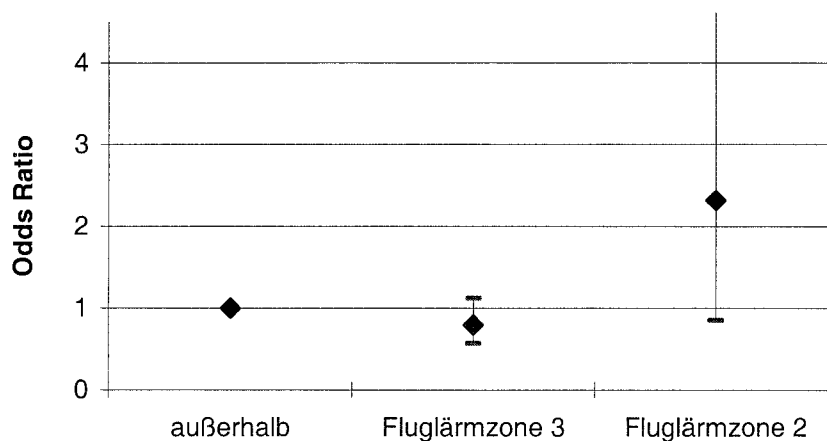


Abb. 9.181 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von den Fluglärmszonen (Gesamtstichprobe)

Für Personen, die in der Fluglärmszone 2 wohnten, war das geschätzte Risiko für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen im Laufe des Lebens stark erhöht (OR = 2,3). Die statistische Signifikanz wurde jedoch verfehlt ( $p = 0,099$ ). Die adjustierten Odds-Ratios lassen keine Dosis-Wirkungs-Beziehung erkennen.

### Subjektive Störung durch Lärm am Tag

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.124 zusammengefasst.

Tab. 9.124 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

60,9 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Sozio-ökonom. Index	-0,163	0,077	1	0,034	0,850	0,731	0,988
Alkoholkonsum	-0,350	0,215	1	0,103	0,705	0,463	1,074
Verlust des Ehepartners	0,335	0,180	1	0,063	1,398	0,982	1,991

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm am Tag. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Sozio-ökonomischer Index“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung durch Lärm am Tag im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.182).

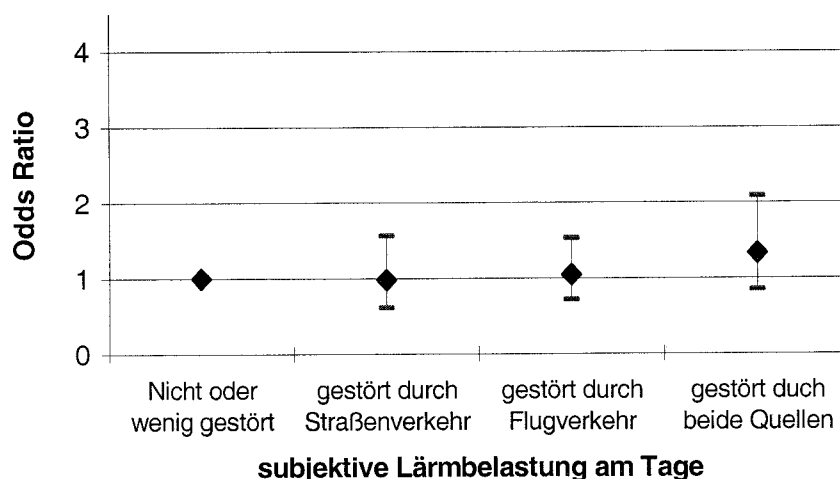


Abb. 9.182 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankung zeigten, dass das Risiko in der Gesamtstichprobe nur für Personen leicht erhöht war, die sich am Tag sowohl durch Straßenverkehrslärm als auch durch Fluglärm (Belastungsklasse „beide Quellen“) stark gestört fühlten. Eine ordinale Dosis-Wirkungs-Beziehung ließ sich nicht erkennen.

### Subjektive Störung durch Lärm in der Nacht

Das Ergebnis der logistischen Regression bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen ist in Tab. 9.125 zusammengefasst.

Tab. 9.125 Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe)

61,8 % einbezogene Fälle	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	df	Sig.	OR	95,0 % Konfidenzintervall für OR	
						Unterer Wert	Oberer Wert
Sozio-ökonom. Index	-0,167	0,076	1	0,028	0,847	0,730	0,982
Alkoholkonsum	-0,351	0,215	1	0,102	0,704	0,462	1,072
Verlust des Ehepartners	0,322	0,180	1	0,073	1,381	0,970	1,964

Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen zeigte keine signifikante Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht. Sie wurde signifikant nur durch die Kontrollvariable „Sozio-ökonomischer Index“ beeinflusst.

Wurden die Odds-Ratios für die subjektive Störung durch Lärm in der Nacht im vollständigen Modell betrachtet, so ergab sich das folgende Bild (Abb. 9.183).

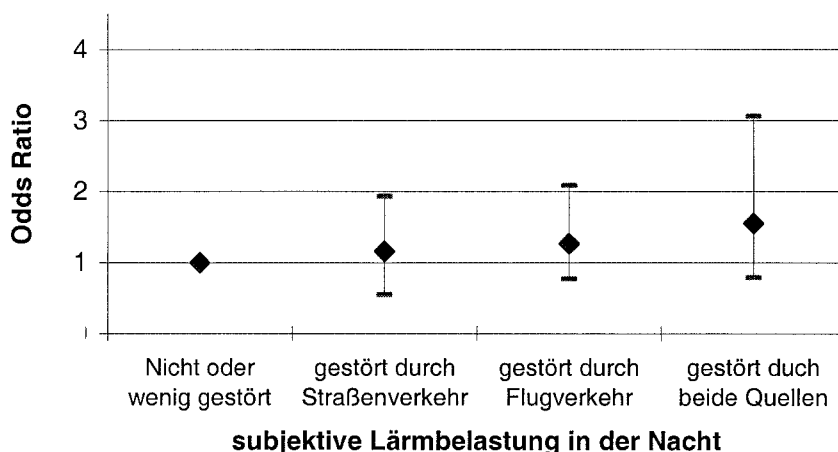


Abb. 9.183 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe)

Die adjustierten Odds-Ratios zeigten, dass das Risiko in der Gesamtstichprobe für Personen deutlich erhöht war, die sich in der Nacht sowohl durch Straßenverkehrslärm als auch durch Fluglärm (Belastungskategorie „beide Quellen“) stark gestört fühlten ( $OR = 1,5$ ). Die adjustierten Odds-Ratios lassen eine ordinale Dosis-Wirkungs-Beziehung mit der subjektiven Störung durch Lärm in der Nacht erkennen.

## 9.5.2 Cortisolausscheidung

Im 9. Durchgang des SGS wurde als freiwillige Zusatzuntersuchung eine Harnsammlung bei den Probanden durchgeführt, mit dem Ziel, die Konzentration des Stresshormons Cortisol im Urin zu bestimmen. Parallel dazu wurden vergleichende Untersuchungen mit Urinproben vorgenommen, die in einer zuvor durchgeführten Längsschnittuntersuchung [Harder et al. 1998] gewonnen wurden. Dazu war es notwendig, die Urinproben aus der vorangegangenen Untersuchung von Harder im Rahmen des SGS einer zweiten Analyse mittels gegenüber der Erstausswertung verbesserter chemisch-analytischer Messtechnik vorzunehmen.

In der Studie von Hader wurde der Nachtharn von 16 Bewohnern, die nahe am Flughafen (Hamburg-Fuhlsbüttel) lebten, über einen Zeitraum von 40 Nächten gesammelt. Die Probanden schliefen in ihren eigenen Wohnungen und wurden zusätzlich zu dem normalen Flugbetrieb mit nächtlichen Fluggeräuschen beschallt. Dies war möglich, da es am Hamburger Flughafen Fuhlsbüttel, während der Nacht kaum Flugbewegungen gab. In den ersten 2 Nächten der Studie wurden keine Fluggeräusche dargeboten. In den verbleibenden 38 Nächten wurden jede Nacht 32 Starts und Landungen mit Schallpegeln von  $L_{\max} = 65$  dB (A) am Ohr des Schlafers elektrisch-akustisch mit einem computergesteuerten Beschallungssystem eingespielt. Die Simulation begann um 23:00 Uhr und endete morgens um 6:00 Uhr. Über die Nacht wurden die Flugereignisse stochastisch verteilt. Der energieäquivalente Dauerschallpegel für die 8 Nachtstunden betrug  $L_{eq} = 42$  dB(A) und die

wahrnehmbare Dauer jedes Flugereignisses lag zwischen 30s und 65 Sekunden. Aus dem Sammelharn wurde im Robert Koch-Institut seinerzeit das freie Cortisol mittels Immunoassay-Verfahren bestimmt.

### 9.5.2.1 Unterschiede zwischen den Analysetechniken

Es ist bekannt, dass immunologische Verfahren die Konzentration des freien Cortisols im Harn in Gegenwart von anderen Cortisol-immunoreaktiven Stoffen stark überschätzen. Zu diesen Stoffen gehören nahe Metaboliten des Cortisol, die im Nachtharn in höheren Konzentrationen vorhanden sein können, als das freie Cortisol selbst. Der Anteil dieser immunoreaktiven Stoffe ist von verschiedenen metabolischen oder hormonalen Einflüssen abhängig. Daher können immunologisch ermittelte Cortisolwerte nur geringe Übereinstimmungen mit der Glucocorticoidaktivität der Nebenniere, und mit der „non-protein“ Serum-Cortisolkonzentration im Blutserum aufweisen. Von der „non-protein“ Serum-Cortisolkonzentration ist bekannt, dass sie vom dem freien Cortisol selbst gesteuert wird [Schöneshöfer et al. 1985, 1986a].

Im Gegensatz zur Analyse mittels Immunoassay ist die Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie (HPLC) in der Lage, die Konzentrationen des freien Cortisol im Harn unbeeinflusst von „cross-over“ Effekten zu bestimmen. Um den Einfluss der unterschiedlichen Analysetechniken auf die Cortisolkonzentration zu beurteilen, wurde das freie Cortisol im Harn aus den Proben der Untersuchung von Harder [Harder et al. 1998] in einer zweiten Analyse mittels HPLC Verfahren [Schöneshöfer et al. 1985, 1986a] bestimmt. Neben dem freien Cortisol wurden mit der HPLC Analyse auch Metaboliten des Cortisols, das 20- $\alpha$  Dihydrocortisol, das metabolische Produkt der 20 Oxydo-Reductase und Kortison (das metabolische Produkt der 11  $\beta$ -Hydroxysteroiddehydrogenase) bestimmt. Das Verhältnis der Konzentrationen des freien Cortisols zu 20- $\alpha$  Dihydrocortisol kennzeichnet Zustände mit chronisch erhöhter Glucocorticoidaktivität [Schöneshöfer et al. 1986b], während das Verhältnis der Konzentrationen von freiem Cortisol zu Kortison eher die akute corticotrophe Stimulierung adrener Aktivität kennzeichnet [Schöneshöfer et al. 1986b].

### 9.5.2.2 Der zeitliche Verlauf der Cortisolausscheidung

Eines der wichtigsten Resultate der 38-tägigen Längsschnittuntersuchung [Harder et al. 1998] war die Beobachtung von starken rhythmischen Schwankungen des freien Cortisols. Eine durchgeführte statistische Varianzanalyse führte auf signifikante Unterschiede in der Cortisolkonzentration über die 38 Nächte ( $p = 0.016$ ) hinweg, wobei zwei signifikante zeitlichen Trendkomponenten ermittelt wurden. Die eine Trendkomponente beschrieb einen wöchentlichen Rhythmus ( $P < 0.001$ ) und die zweite einen Trend 2. Ordnung ( $p = 0.033$ ) [Maschke et al. 2001].

Die mittlere Ausscheidung von freiem Cortisol, die mit der Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie (HPLC) an den gleichen Urinproben bestimmt wurde, ist der Abbildung 9.184 zu entnehmen. In der Abbildung sind sowohl die mittleren täglichen Cortisolkonzentrationen (durchgezogene Kurve mit stark schwankenden Werten) als auch

deren signifikante Trendkomponenten dargestellt. Die dominierende Trendkomponente (punktierte Linie) war – wie auch bei der Analyse mittels Immunoassay – ein saisonaler Faktor ( $p < 0.000$ ) in Form eines Wochen-Rhythmus. Darüber hinaus zeigte sich, zwar weniger deutliche aber statistisch signifikant, auch wieder eine Trendkomponente 3. Ordnung (geglättete Linie,  $p = 0.024$ ).

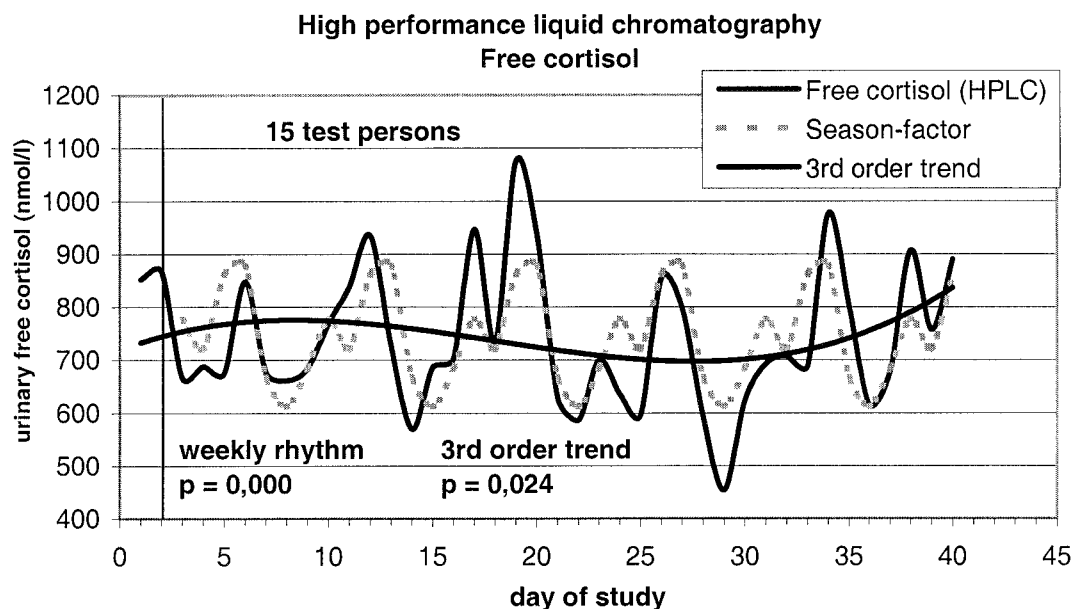


Abb. 9.184 Mittlere Ausscheidung von freiem Cortisol. In der Abbildung dargestellt ist die mittels HPLC gemessene Cortisolausscheidung mit ihren signifikanten Trendkomponenten. Während der ersten zwei Versuchsnächte wurde kein Fluggeräusch eingespielt (vertikale Linie).

Die Cortisolausscheidung nahm grundsätzlich von Montagnacht bis Freitagnacht zu, zeigte aber im Gegensatz zu den mittels Immunoassay bestimmten Ergebnissen einen deutlichen „Einbruch“ in der Mittwochnacht. Weiterhin war – in Übereinstimmung mit den früheren Ergebnissen – eine Phase mit ansteigender Cortisolausscheidung (Sensibilisierungsphase) nach einer Phase mit fallender Cortisolausscheidung zu beobachten (der beschriebene Trend, 3. Ordnung). Neben diesen Übereinstimmungen gab es auch deutliche Unterschiede zwischen beiden Analyseverfahren insbesondere, was den Trend innerhalb der ersten Tage anbetrifft. Für die mittels HPLC bestimmten Cortisol-Metaboliten Kortison und  $20\alpha$ -Dihydrocortisol ergaben sich ähnliche Zeitverläufe wie für das freie Cortisol.

Das entsprechende Ergebnis der HPLC Analyse für Kortison ist in der Abb. 9.185 dargestellt.



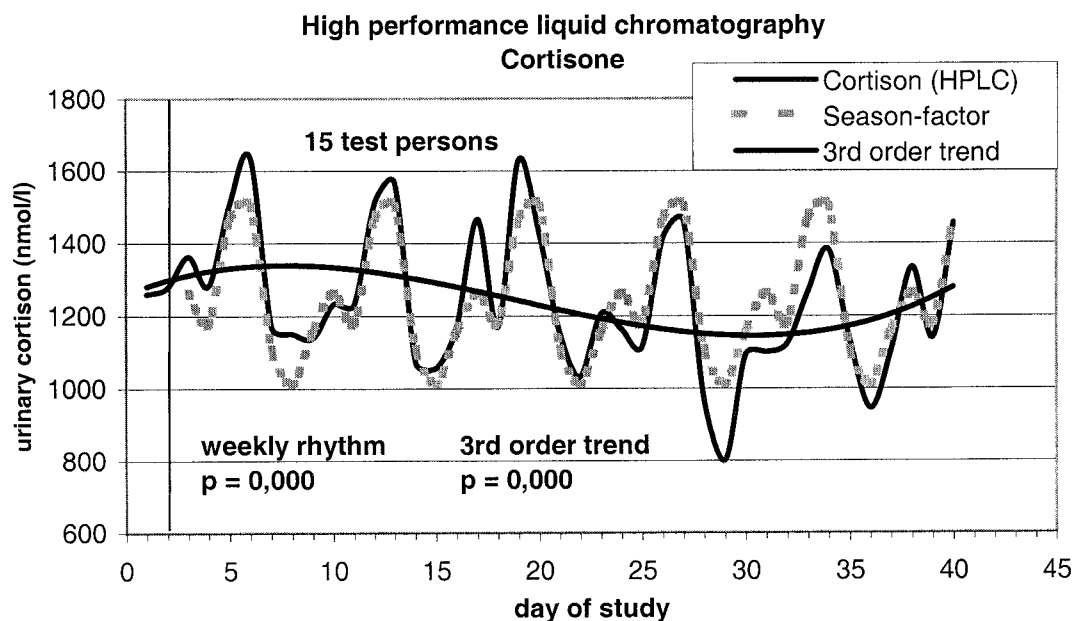


Abb. 9.185 Mittlere Ausscheidung von Kortison. In der Abbildung dargestellt ist sowohl die gemessene Kortisonausscheidung als auch deren Trendkomponenten. Während der ersten zwei Versuchsnächte wurde kein Fluggeräusch eingespielt (vertikale Linie).

Die Schwankungen zeigen den gleichen wöchentlichen Rhythmus der bereits bei freiem Cortisol zu beobachten war. Auch beim Kortison bestand ein Trend 3. Ordnung, der nur geringfügig von der Trendkomponente 3. Ordnung für das freien Cortisols abwich.

Das Ergebnis für  $20\alpha$ -Dihydrocortisol ist in der folgenden Abbildung 9.186 dargestellt. Auch bei  $20\alpha$ -Dihydrocortisol dominierte ein Wochenrhythmus, der mit dem Wochenrhythmus des freien Cortisols und dem des Kortisons gut übereinstimmte. Die gute Übereinstimmung bestand auch bezüglich der Trendkomponente 3. Ordnung.

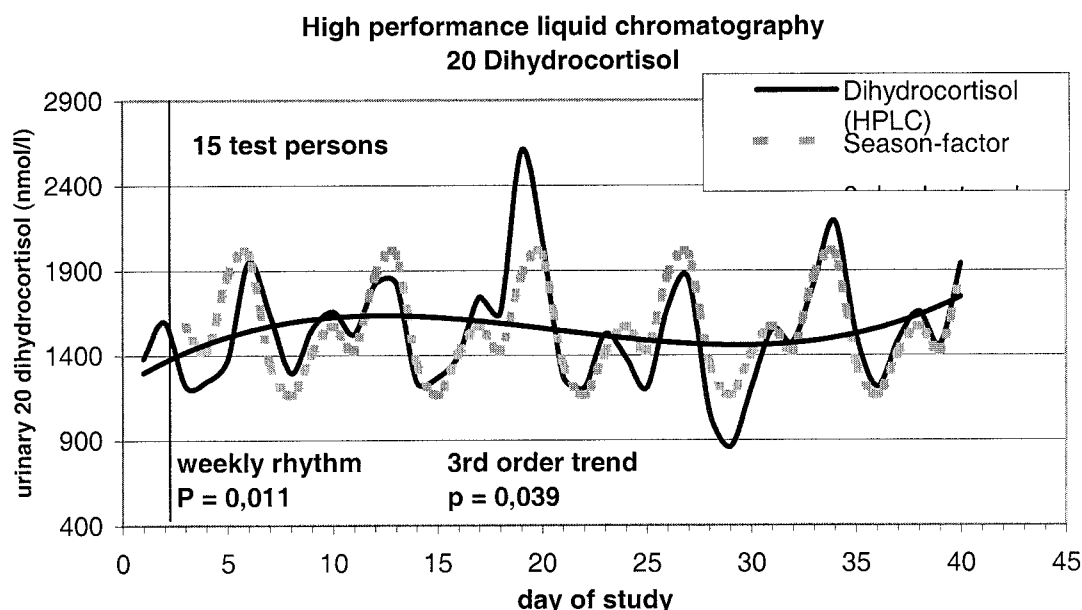


Abb. 9.186 Mittlere Ausscheidung von 20 $\alpha$ -Dihydrocortisol. In der Abbildung dargestellt ist sowohl die HPLC gemessene Ausscheidung von 20 $\alpha$ -Dihydrocortisol als auch deren Trendkomponenten. Während der ersten zwei Versuchsnächte wurde kein Fluggeräusch eingespielt (vertikale Linie).

### 9.5.2.3 Geschlechtsspezifische Unterschiede

Ein unerwartetes Ergebnis der Analysen mit dem Immunoassay war die Beobachtung eines geschlechtsspezifischen Unterschieds im Zeitverlauf der Cortisolausscheidung (freies Cortisol) bei nächtlicher Lärmbelastung. Dies betraf sowohl die Initialreaktion als auch den zeitliche Trend der Cortisolausscheidung bei Frauen und Männern. So ergab die statistische Analyse einerseits eine signifikante Interaktion zwischen den Versuchswochen und dem Geschlecht ( $p = 0.002$ ), andererseits bei den Männern eine bedeutend höhere Initialreaktion im Vergleich zu den Frauen ( $p = 0.038$ ) [Maschke et al. 2001].

Bei den Ergebnissen der Analyse mittels Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie (HPLC) deuteten sich geschlechtsspezifische Unterschiede nur beim freien Cortisol und beim Kortison an.

Geschlechtsunterschiede beim freiem Cortisol für die Initialreaktion (vgl. Abb. 9.187) ließen sich statistisch nur grenzwertig absichern ( $p = 0.069$ ). Der weitere Verlauf der Cortisolausscheidung war nach der HPLC-Analyse statistisch nicht unterschiedlich zwischen Frauen und Männern ( $p = 0.238$ ) [Maschke et al. 2001].

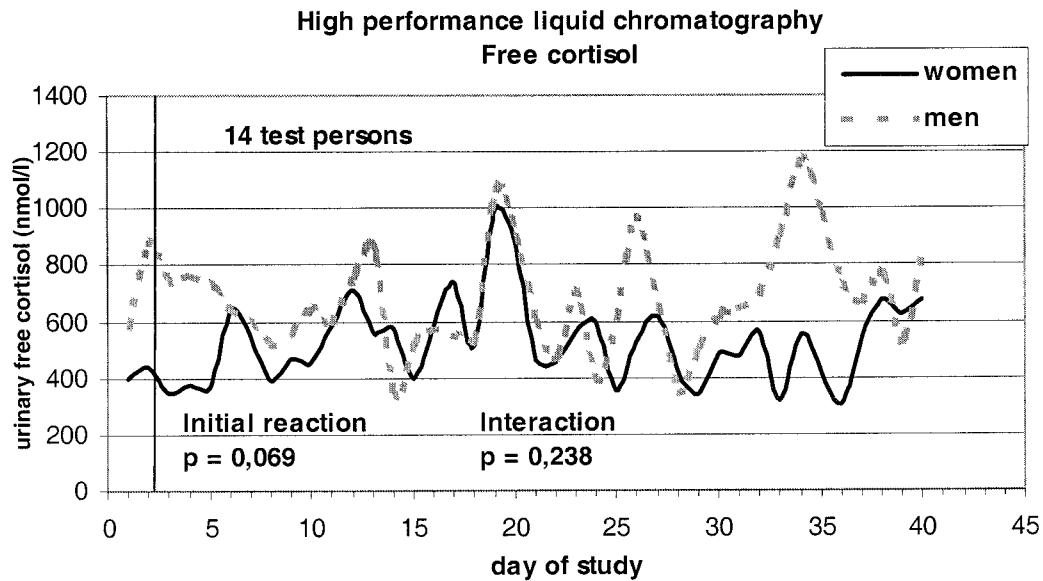


Abb. 9.187 Mittlere Ausscheidung von (freiem) Cortisol für Frauen und Männer. Während der ersten zwei Versuchsnächte wurde kein Fluggeräusch eingespielt (vertikale Linie).

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen des Immunoassays für freies Cortisol bestanden bei der Kortisonausscheidung sowohl in der Initialreaktion ( $p = 0.015$ ) als auch in der Interaktion zwischen den Versuchswochen und dem Geschlecht ( $p = 0.045$ ) signifikante Unterschiede zwischen Frauen und Männern (vgl. Abb. 9.188).

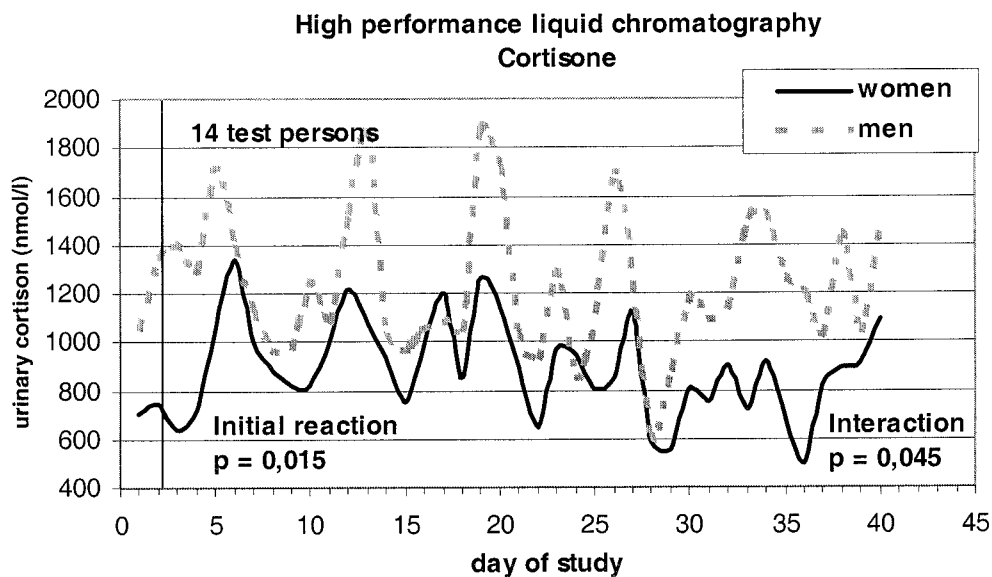


Abb. 9.188 Mittlere Ausscheidung von Kortison für Frauen und Männer. Während der ersten zwei Versuchsnächte wurde kein Fluggeräusch eingespielt (vertikale Linie).

Für  $20\alpha$ -Dihydrocortisol ließen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Frauen und Männern erkennen (Initialreaktion,  $p = 0.408$ ; Interaktion  $p = 0.913$ ).

### 9.5.2.4 Zusammenfassung der Ergebnisse des Belastungsexperiments

Die Messung des (freien) Cortisols ist ein etabliertes Verfahren und ein Indikator für die Diagnose von akuten Erkrankungen an denen Glucocorticoide beteiligt sind [Braun et al. 1999], jedoch ist die Bestimmung des (freien) Cortisols in Harnproben stark von der Analysemethode abhängig. Kompetativ bindende Assays und Radioimmunoassays, die am häufigsten bei routinemäßigen Messungen eingesetzt werden, überschätzen die Konzentration von (freiem) Cortisol, aufgrund des Vorhandenseins von anderen Cortisol-immunoreaktiven Stoffen im Harn [Schöneshöfer et al. 1986b]. Die Spezifität dieser Analyseverfahren ist zu gering, um präzise zwischen (freiem) Cortisol und nahen Metaboliten zu unterscheiden. Die vorliegende Nachuntersuchung der Harnproben des Längsschnittexperiments von Harder [Harder et al. 1998]) mittels HPLC-Analysen legt nahe, dass Immunoassays unsichere Ergebnisse liefern, wenn freies Cortisol im Harn ermittelt wird. Die Analyseunterschiede sind besonders deutlich, wenn (freies) Cortisol und Cortisolmetaboliten in Belastungssituationen unterschiedlich reagieren. Qualitativ vergleichbare Ergebnisse ergeben sich hingegen, wenn (freies) Cortisol und Cortisolmetaboliten vergleichbar auf einen Stimulus reagieren.

Die Unterschiede der Analysemethodik sind von großer Bedeutung, da verschiedene Veröffentlichungen darauf hinweisen, dass eine akute Lärmbelastung insbesondere zu Änderungen bei der Ausscheidung von freiem Cortisol führt und eine chronische Lärmbelastung auch zu Änderungen der Ausscheidung von Cortisolmetaboliten. Schöneshöfer wies schon 1986 darauf hin [Schöneshöfer et al. 1986b], dass in der zusätzlichen Messung der Cortisolmetaboliten 20 $\alpha$ -Dihydrocortisol und Kortison eine Möglichkeit bestehen könnte, chronischen Hypercortisolismus von einer akuten Reaktion zu unterscheiden. In Lärmstudien sollten daher in Harnproben sowohl (freies) Cortisol als auch ausgewählte Metaboliten mittels HPLC-Analysetechnik bestimmt werden. Andererseits ist es dringend erforderlich, dass die komplexe endokrine Reaktion auf eine Lärmbelastung besser verstanden wird, als das heute der Fall ist. Um dieses Ziel zu erreichen, sind weitere interdisziplinäre Untersuchungen unumgänglich.

Der starke wöchentliche Rhythmus der Cortisolausscheidung besteht unabhängig von der gewählten Analysemethode und muss in Untersuchungsplänen berücksichtigt werden. Die Schwankung innerhalb des wöchentlichen Rhythmus betrug in der Harder Studie 35-50 % der wöchentlichen Durchschnittswerte und kann daher nicht vernachlässigt werden. Um den wöchentlichen Rhythmus zu kompensieren, kann die Harnsammlung über 7 Tage durchgeführt werden, oder es müssen gleiche Wochentage (mit unterschiedlicher Belastungssituation) miteinander verglichen werden. Querschnittuntersuchungen, in denen der wöchentliche Rhythmus nicht kompensiert wurde, sind deshalb wenig aussagefähig. Durch die Bildung eines Cortisolquotienten aus 1. und 2. Nachthälfte kann der Wochenrhythmus jedoch ebenfalls kompensiert werden (vgl. [Ising et al. 2001b]).

Die vorliegenden Ergebnisse machen deutlich, dass es dringend notwendig ist, sowohl die Datenerfassung als auch die Datenanalyse von Urinproben zur Bestimmung von Cortisol in Lärmbelastungsexperimenten und Lärmstudien zu standardisieren. Die folgenden Punkte müssen in diesem Zusammenhang hervorgehoben werden.

- **Standardisierung der Harnsammlung,**

da die Schwankungen innerhalb des endogenen wöchentlichen Rhythmus groß sind (35-50 % der wöchentlichen Durchschnittswerte).

- **Standardisierung der Analyseverfahren,**

da verschiedene Analyseverfahren zu deutlich unterschiedlichen Ergebnissen führen.

- **Beachtung von Metabolisierungsprozessen,**

da es unter Beachtung der Cortisolmetaboliten möglich sein kann, chronische Wirkungen von akuten Wirkungen zu unterscheiden.

- **Durchführung von Längsschnitt-Untersuchungen mit einer Dauer von mindestens 6 Wochen,**

da bei andauernder Geräuschlast die Cortisolausscheidung nach einer abfallenden Phase (Versuch der Adaptation) wieder ansteigen kann (Sensibilisierung).

### 9.5.2.5 Cortisolanalysen im Spandauer Gesundheits Test

Die Harnsammlung wurde den Probanden des 9. Durchgangs des SGS als freiwillige Zusatzuntersuchung angeboten. Sie wurden bei der ärztlichen Untersuchung gebeten, ihren Nachtharn zu sammeln und zwar aufgrund der Erkenntnisse der Voruntersuchung [Harder et al. 1998] immer von Montag zu Dienstag (vgl. Anleitung im Anhang).

Bedauerlicherweise wurde nur eine Rücklaufquote von 12 % erreicht. Es ist davon auszugehen, dass viele Probanden den zusätzlichen organisatorischen Aufwand nicht auf sich nehmen wollten.

Die geringe Anzahl der Proben bzw. ihre Verteilungen über die Lärmkategorien erlaubte weder sinnvolle statistische Zusammenhangsanalysen mit dem subjektiven Lärmerleben (vgl. Tab. 9.126; Tab. 9.127) noch mit den Schallpegelklassen am Wohnort (vgl. Tab. 9.128; Tab. 9.129).

Tab. 9.126 Anzahl erfolgreicher Harnsammlungen und Lärmerleben in der Nacht

		Lärmerleben nachts (wenig gestört)			
		nicht oder gering gestört	Straßenverkehr	Flugverkehr	beide Quellen
Nachturin	keine Sammlung	1080	121	111	43
	Sammlung erfolgt	122	19	18	19

Tab. 9.127 Anzahl erfolgreicher Harnsammlungen und Lärmerleben am Tag

		Lärmerleben am Tag (wenig gestört)			
		nicht oder gering gestört	Straßenverkehr	Flugverkehr	beide Quellen
Nachturin	Keine Sammlung	759	174	281	141
	Sammlung erfolgt	72	27	45	39

Tab. 9.128 Anzahl erfolgreicher Harnsammlungen und Straßenverkehr am Tag

		Pegelklassen am Tag (alle Adressen)			
		unter 55 dB(A)	55-60 dB(A)	60-65 dB(A)	über 65 dB(A)
Nachturin	keine Sammlung	76	1088	211	138
	Sammlung erfolgt	7	153	27	18

Tab. 9.129 Anzahl erfolgreicher Harnsammlungen und Straßenverkehr in der Nacht

		Pegelklassen in der Nacht (alle Adressen)		
		unter 50 dB(A)	50-55 dB(A)	über 55 dB(A)
Nachturin	keine Sammlung	193	1122	198
	Sammlung erfolgt	21	155	29

# 10 DISKUSSION

## 10.1 Der Spandauer Gesundheits-Survey

Unter der Bezeichnung "Spandauer Gesundheits-Survey" (SGS) wird in Berlin seit 1982 eine Längsschnittuntersuchung durchgeführt, die den Teilnehmern die Möglichkeit gibt, ihren Gesundheitszustand über Jahre hinweg zu verfolgen, gravierende Veränderungen – möglicherweise schon im Frühstadium – zu erkennen und der ärztlichen Behandlung zuzuführen. Die lange Laufzeit der Studie, verbunden mit einer standardisierten ärztlichen Gesundheitskontrolle, bot eine einzigartige Möglichkeit, die Prävalenz von stressvermittelten Erkrankungen in bezug auf eine chronische Verkehrslärmbelastung zu analysieren. Dazu wurde im 9. Durchgang des SGS die Verkehrslärmbelastung der Teilnehmer erfragt und erhoben. Von den insgesamt 2015 Probanden nahmen 1704 Probanden mindestens zum 5. mal an der Datenerhebung teil, das entsprach einem Anteil von 84,6 %. Für die lärmbezogenen statistischen Analysen standen letztendlich 1718 Probanden zur Verfügung.

Der Spandauer Gesundheits-Survey erfüllt nicht alle Kriterien einer bevölkerungsrepräsentativen Zufallsstichprobe, sondern muss als ein selbstselektiertes Kollektiv eingestuft werden, das überwiegend aus älteren, gesundheitsbewussten Probanden bestand. Dies wird zum einen an der Tatsache deutlich, dass die Probanden freiwillig an einer so langjährigen Untersuchung wie dem SGS teilnahmen, zum anderen lässt es sich auch aus den Antworten und Messwerten der Teilnehmer ablesen.

Nahezu die Hälfte aller Teilnehmer der Spandauer Untersuchung gab an, sehr stark (14 %) oder stark (35 %) auf ihre Gesundheit zu achten. Nur etwa 5 % der Teilnehmer achteten weniger oder gar nicht auf ihre Gesundheit.

Mehr als die Hälfte der Probanden gab an, noch nie regelmäßig geraucht zu haben (56 %), 31 % hatten das Rauchen aufgegeben und nur 13 % rauchten im 9. Durchgang regelmäßig. Der Tabakkonsum lag damit auffällig niedriger als im gesamtdeutschen Mittel. Etwa ein Drittel der Deutschen Bevölkerung im Alter von 25 bis 69 Jahren raucht regelmäßig. 42 % der Bevölkerung rauchen nicht und etwa ein Viertel der Bevölkerung hat das Rauchen aufgegeben. [Hoffmeister et al. 1995].

Auch die Angaben zum Alkoholkonsum waren geringer als im deutschen Durchschnitt. Nur 17 % der Teilnehmer des Spandauer Gesundheits-Survey gaben an, regelmäßig alkoholische Getränke zu sich zu nehmen. 14 % der Befragten verzichteten vollständig auf Alkohol.

Im Gegensatz zu den Spandauer Probanden trinken mehr als 50 % der Deutschen Bevölkerung regelmäßig (wöchentlich) alkoholische Getränke. Etwa 13 % der

gesamtdeutschen Bevölkerung geben an, nie Alkohol zu sich zu nehmen [Hoffmeister et al. 1995].

Auch beim Körpergewicht zeigten sich Unterschiede, die möglicherweise auf eine gesundheitsbewusste Lebensweise hinweisen. Die BMI-Mittelwerte der Teilnehmer des Spandauer Gesundheits-Survey lagen bei den Männern in allen Alterklassen um ca. 1 BMI-Punkt niedriger als in Deutschland, bei den Frauen um annähernd 2 BMI-Punkte [Hoffmeister et al. 1995]. Stark übergewichtige Frauen waren in der Gesamtstichprobe des SGS mit 12,7 % nur etwa halb so häufig vertreten wie im deutschen Bevölkerungsdurchschnitt. Auch die Anzahl der stark übergewichtigen Männer war im SGS mit 13 % deutlich niedriger als im statistischen Mittel (ca. 18 %) [Hoffmeister et al. 1995].

Das ausgeprägte Gesundheitsbewusstsein der Spandauer Probanden ist bei der Interpretation der Ergebnisse dieser Studie zu berücksichtigen. Wird der These gefolgt, dass (Lärm-)Stress durch eine gesundheitsbewusste Lebensweise reduziert werden kann, so ist zu erwarten, dass die Auswirkung einer chronischen Lärmbelastung in der Gesamtbevölkerung mit dieser Untersuchung eher unterschätzt werden könnte.

Das mittlere Alter der Spandauer Probanden war ebenfalls nicht repräsentativ für die bundesdeutsche Allgemeinbevölkerung. Die Teilnehmer waren im Mittel 60 Jahre alt. Der jüngste Teilnehmer gab ein Alter von 18 Jahren an, der älteste Teilnehmer ein Alter von 90 Jahren. Die ältere Bevölkerung ist in der Spandauer Studie überrepräsentiert. Auch diese Randbedingung muss bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden. So weisen Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems einen deutlichen Anstieg mit dem Alter auf. Nach dem 45. Lebensjahr ist häufig ein überproportionaler Anstieg der Erkrankungen zu verzeichnen (Bluthochdruck, Herzinfarkt, Schlaganfall usw. [Hoffmeister et al. 1995]). Dieser Altersgang ist grundsätzlich auch für Stoffwechselstörungen zutreffend, jedoch verschiebt sich der überproportionale Anstieg zum höheren Lebensalter (Diabetes Typ-II, Cholesterin vgl. [Michaelis 1991, Hoffmeister 1993]).

Nicht eindeutig ist der Altersgang z. B. für allergische Erkrankungen. Mit zunehmendem Alter finden sich häufig nur geringfügig höhere Risiken, während die Risiken bei einem Lebensalter über 60 Jahren deutlich abnehmen. Bei anderen allergischen Reaktionen (z. B. Heuschnupfen) ist eine kontinuierliche Abnahme mit zunehmendem Lebensalter zu verzeichnen [Hoffmeister et al. 1995].

Die Altersstruktur der Spandauer Probanden ist in bezug auf die untersuchten Erkrankungen unterschiedlich zu bewerten. Wird die vielfach bestätigte Erkenntnis zugrunde gelegt, dass sich Auswirkungen von (Lärm-)Stress auf das Herz-Kreislauf System verstärkt im höheren Lebensalter manifestieren, so wäre davon auszugehen, dass die relativen Risiken für Herz-Kreislauf Erkrankungen im Spandauer Kollektiv höher sein könnten als im Bevölkerungsdurchschnitt. Bei allergischen Erkrankungen ist dagegen nicht auszuschließen, dass das Risiko unterschätzt wurde.

Die im SGS ermittelten Risiken einer chronischen Lärmbelastung sind streng genommen nur auf ältere aber gesundheitsbewusste Personengruppen zu übertragen. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass überproportional viele Personen mit Gesundheitsproblemen an dem



Gesundheits-Survey teilnahmen, da die Untersuchungspersonen mit einer kostenlosen regelmäßigen Kontrolle ihres Gesundheitsstatus zur Teilnahme an der Studie geworben wurden.

## 10.2 Erhebung der Schallbelastung

Eine häufig unbefriedigende Erfassung der Geräuschexposition ist als eine der Ursachen für die oft widersprüchlichen Ergebnisse umweltepidemiologischer Untersuchungen anzusehen. In der Lärmwirkungsforschung gab es bisher wenig Aktivitäten in Hinsicht auf ein theoretisch begründetes, vereinheitlichtes Vorgehen zur Ermittlung der Geräuschimmission unter realen Lebensbedingungen. Die Geräuschimmission ist eine objektiv messbare Größe, jedoch muss die Mobilität der Menschen, d. h. ihr Aufenthalt während des Tages, der Woche usw. in zeitlich und örtlich veränderlichen Schallfeldern berücksichtigt werden. Eine Aufgabe, die in (großen) epidemiologischen Studien kaum erbracht werden kann. Ansätze den Immissionspegel mit personenbezogenen Schallpegelmessern (Dosimeter) zu ermitteln, erwiesen sich als wenig brauchbar, da sie, neben dem hohen Betreuungsaufwand, die Probanden behindern und schwer verwertbare Ergebnisse lieferten. Solange Geräusche miteinander verglichen werden, die einen ähnlichen Informationsgehalt haben, steigt die körperliche Aktivierung durch Geräusche grundsätzlich mit dem Schalldruckpegel an [Schönpflug et al. 1962]. Werden dagegen die Schallintensitäten von Schallquellen mit stark unterschiedlichem Informationsgehalt aufsummiert, so sagt dieser Summenschallpegel nur wenig über die geräuschbedingte Aktivierung des Individuums aus. Genau hier liegt das Problem bei Dosimetermessungen. Laute Unterhaltungen mit Kollegen oder Freunden sind physiologisch anders zu bewerten, als eine unerwünschte Verkehrslärmbelastung. Verkehrslärm impliziert Gefahr [Ising 2001], die laute Unterhaltung mit Freunden kann dagegen durchaus Freude oder eine soziale Geborgenheit ausdrücken.

Aus diesem Grunde sollten in Lärmwirkungsstudien quellenbezogene Schallpegel erhoben werden und diese nachträglich zu einem wirkungsgerechten Summenparameter verrechnet werden. Die wünschenswerte Erhebung von quellenbezogenen Schallpegeln unter Berücksichtigung der individuellen Mobilität der Probanden ist in epidemiologischen Studien noch immer ein ungelöstes Problem. Hier wäre – wie aus der Luftreinhaltung bekannt – eine Kombinationen von Aufenthaltstagebüchern mit Schallpegelmessungen denkbar. Doch auch für die Verrechnung der quellenbezogenen Belastungsdaten steht noch kein allgemein anerkanntes Verfahren zur Verfügung. In dieser – insgesamt unbefriedigenden – Situation ist die quellenbezogene Erhebung der Verkehrsgeräusche an der Wohnadresse der Probanden ein vernünftiger epidemiologischer Ansatz. Dieser Ansatz, der die individuelle Mobilität außer Acht lässt, liefert insbesondere für den Tag unsichere Belastungsdaten, da der Tag – von einem Großteil der Betroffenen – nicht in der Wohnung verbracht wird. So zeigt die Studie „Umwelteinwirkungen und Beschwerdebhäufigkeit“ des Robert Koch-Instituts [Bellach et al. 1995], in der 1002 Probanden im Abstand von 11 Jahren (1974 und 1985) zu Lebensstil, Stressfaktoren, Belastungen am Arbeitsplatz und in der Familie sowie zu gesundheitlichen Beschwerden und Krankheiten befragt wurden, dass bei gleichzeitigem Vorliegen von Wohn- und Arbeitslärm deutlich höhere Risiken für Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems zu verzeichnen waren, als wenn nur der Wohnlärm betrachtet wurde.

Für die Nachtzeit ist dagegen von einer besseren Erfassung der Geräuschbelastung auszugehen, und es bot sich allein aus dieser Überlegung an, die nächtliche Geräuschbelastung gesondert zu erfassen. Ein Ansatz der unseres Wissens weltweit zum ersten Mal in einer epidemiologischen Studie zum Einsatz kam.

Wird die quellenbezogene Geräuschbelastung – wie in der vorliegenden Studie – aus Verkehrszählungen berechnet, so müssen die örtlichen Gegebenheiten (Entfernung zur Fahrbahn und die Lage der Wohnung im Wohnkomplex) individuell berücksichtigt werden, da durch Abschattungseffekte erhebliche Pegelminderungen auftreten können. Auch dies ist in der vorliegenden Studie für den Straßenverkehr mit Hilfe von Korrekturfaktoren geschehen. Die Korrekturfaktoren wurden aus 24 Std.-Stichprobenmessungen ermittelt, die an Werktagen (Dienstag bis Donnerstag) durchgeführt wurden. In der Berliner Verkehrslärmkarte wird zwischen dem übergeordneten Straßennetz (Hauptstraßen) und dem Nebenstraßennetz unterschieden. Verkehrszählungen erfolgten, mit wenigen Ausnahmen, nur an Hauptstraßen. Die Zuordnung der Nebenstraßen erfolgte auf der Grundlage von Schätzungen des Verkehrsaufkommens der zuständigen Straßenverkehrsbehörde und den Kontrollmessungen. Um die Genauigkeit dieser Zuordnung bei der Auswertung zu bewerten, wurden neben der Gesamtstichprobe jeweils auch die Teilstichprobe der verkehrsgezählten Straßen ausgewertet und den Ergebnissen der Gesamtstichprobe gegenüber gestellt. Die Übereinstimmung der berechneten Risikoprofile kann als insgesamt gut bezeichnet werden.

Die Ermittlung der Straßenverkehrsgeräuschbelastung bezogen auf die Wohnadresse der Probanden kann in der vorliegenden Studie – insbesondere im Vergleich mit anderen Untersuchungen – als zufrieden stellend bis gut bezeichnet werden. Dies trifft jedoch nur auf die Geräuschbelastung durch Straßenverkehr zu, nicht auf die Geräuschbelastung durch Fluglärm. Die Fluglärmimmissionspegel bezogen auf die Wohnadresse waren bis zum Abschluss der Studie nicht verfügbar und so wurden ersatzweise die Fluglärmzonen von 1976 / 1984 als Belastungsindikatoren herangezogen. Es ist daher beim Fluglärm von größeren Klassifizierungsfehlern auszugehen, als dies beim Straßenverkehrslärm der Fall ist. Die statistischen Aussagen hinsichtlich gesundheitlicher Risiken durch Fluglärmimmissionen sind demzufolge vorsichtig zu interpretieren.

## 10.3 Erhebung der subjektiven Störung

Lärm ist nicht nur ein physikalischer Reiz, sondern auch ein individuelles Erlebnis. Eine unzureichende Bewältigung kann nach stresstheoretischen Erkenntnissen nahezu unabhängig von der objektiven Schalllast zu einem inadäquaten, riskanten Reaktionsmuster und schließlich zu Regulationskrankheiten führen. So zeigte die subjektive Gestörtheit in epidemiologischen Studien teilweise einen stärkeren Zusammenhang mit erhöhten Herzinfarktrisiken als der Dauerschallpegel [Babisch et al. 1995]. Die individuelle Störung durch Lärm wurde im SGS parallel zur Schalllast mit einem eigenständigen Fragebogen erhoben. Erfragt wurden die subjektiv empfundene Störung durch Fluglärm und Straßenverkehrslärm getrennt für den Tag und für die Nacht. Die Störung in der Nacht wurde gesondert erhoben, obwohl die Verlässlichkeit dieser Angabe angezweifelt werden kann, da ein Großteil der Nacht (22:00-6:00 Uhr) im Schlaf verbracht wird. Im Schlaf ist das Wachbewusstsein eingeschränkt oder erloschen, so dass die Wahrnehmung einer subjektiven

Störung durch nächtlichen Lärm nur aus solchen Nachtzeiten stammen kann, in denen noch nicht, oder nicht mehr geschlafen wurde.

Die gleichzeitige Erhebung der subjektiven Störung durch Lärm und der objektiven Geräuschbelastung eröffnete die Möglichkeit, einen „Risikovergleich“ hinsichtlich verschiedener Krankheitsbilder vorzunehmen. Die Frage, ob im wesentlichen der Schallpegel oder die subjektiv empfundene Störung für gesundheitliche Beeinträchtigungen verantwortlich gemacht werden kann, ist für den Einsatz von Schallschutzmaßnahmen von zentraler Bedeutung.

## 10.4 Nicht erholsamer Schlaf und Gesundheit

Eine Besonderheit der Lärmbelastung als umwelttoxikologischer Faktor ist seine Eigenschaft den Schlaf zu stören und die notwendige nächtliche Erholung zu mindern (vgl. Kapitel 4.4.2). Schlafstörungen sind als Disstress einzustufen, der Leistungsfähigkeit und Wohlbefinden am Tage und in seiner chronischen Form die Gesundheit beeinträchtigt.

Die Deutsche Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin (DGSM) hat weltweit erstmals mit ihrer Leitlinie „Nicht erholsamer Schlaf“ [DGSM 2001] diesen Aspekten Rechnung getragen:

*„Das Kriterium des Nicht erholsamen Schlafs in der Insomnie-Definition weist darauf hin, dass eine wissenschaftlich exakte Definition, wie viel Schlaf quantitativ notwendig ist, nicht existiert. [...] Im Rahmen der vorliegenden Leitlinie steht der Begriff Nicht erholsamer Schlaf im Mittelpunkt, da diese Beschwerde allen intrinsischen und extrinsischen Schlafstörungen und Störungen des zirkadianen Rhythmus gemein ist [...]. [...]“*

*Die Frage der Krankheitswertigkeit des Nicht erholsamen Schlafs ergibt sich aus seinen Konsequenzen: die ICSD teilt die Insomnie bzw. die Schläfrigkeit nach dem Schweregrad in leicht, mittelschwer und schwer ein.*

*Der Nicht erholsame Schlaf bei leichter, mittelschwerer und schwerer Insomnie führt zu graduell unterschiedlichen Beeinträchtigungen der sozialen und beruflichen Leistungsfähigkeit und ist mit Unruhegefühlen, Reizbarkeit, Angst, Depressivität, Erschöpfung und Müdigkeit verbunden.*

*Der Nicht erholsame Schlaf bei leichter, mittelschwerer und schwerer Schläfrigkeit tagsüber (Hypersomnie) führt zu graduell unterschiedlicher Vigilanzbeeinträchtigung bzw. Schlafepisoden tagsüber, die in starkem Maß mit der sozialen oder beruflichen Leistungsfähigkeit der Betroffenen interferieren und zudem bei bestimmten Krankheitsbildern die körperliche Gesundheit nachhaltig beeinträchtigen.“*

Der nächtliche Lärm verfügt über einen eigenständigen Pathogenesemechanismus, der bei der Entwicklung einzelner Krankheitsbilder im Zusammenhang mit einer chronischen Lärmbelastung beachtet werden muss.

## 10.5 Diskussion der einzelnen Krankheitsbilder bzw. Risikofaktoren

Für die umweltepidemiologische Forschung sind drei Wirkungsebenen von Bedeutung, auf denen Zusammenhänge zwischen Lärm und Gesundheit mit epidemiologischen Methoden untersucht werden können. Das sind Stress-Indikatoren (z.B. Stresshormone), Risikofaktoren (z.B. Blutfette, Blutdruck) und schließlich als Endpunkt die Entwicklung der manifesten Krankheit (z.B. koronare Herzerkrankungen) [Babisch 2000b].

Bei koronaren Herzerkrankungen spielt die Arteriosklerose eine besondere Rolle. Arteriosklerose ist ein Gefäßleiden, bei dem die ursprünglich elastischen und glatten Innenwände von Arterien durch Fettstoffablagerungen rau, unelastisch und eng werden. Zusätzliche Kalkablagerungen machen sie hart und der Blutfluss wird erheblich behindert. An solchen Stellen besteht die Gefahr, dass sich Blutgerinnsel bilden, die Arterien verstopfen und damit Gewebe zum Absterben bringen. Als Ursache für die Auslösung der Krankheit sind bisher eine Reihe von Risikofaktoren erkannt worden. An erster Stelle stehen besondere Erbanlagen, aber auch das Alter, chronischer Bluthochdruck, Rauchen, Übergewicht, seelische Belastungen und mangelnde körperliche Betätigung spielen bei der Krankheitsgenese eine Rolle. Bei koronaren Herzerkrankungen kann häufig auch ein ungewöhnlich hoher Gehalt des Fettbegleitstoffs Cholesterin im Blut festgestellt werden.

Neben koronaren Herzerkrankungen ist eine Beeinträchtigung von Immunfunktionen als Folge von chronischem Lärmstress zu befürchten. Es kann als wissenschaftlich erwiesen angesehen werden, dass Immunsystem, Nervensystem und endokrines System funktionell miteinander verbunden sind und ein komplexes Regulationssystem bilden.

Die Krankheit als pathologischer Wirkungsendpunkt ist von besonderer gesundheitlicher Bedeutung und kann unmittelbar nur in epidemiologischen Studien untersucht werden. Die Beurteilung, ob ein beobachteter Zusammenhang eine kausale Beziehung widerspiegelt, muss in epidemiologischen Studien anhand von verschiedenen Kriterien vorgenommen werden. Zu diesen gehören – nach Ausschluss von Zufall, Bias und Confounding – die Stärke der Beziehung, ausgedrückt durch das relative Risiko sowie die biologische Plausibilität des vermuteten Zusammenhangs. Darunter versteht man das aufzeigen glaubhafter Mechanismen, die erklären, wie ein Expositionsfaktor zur Entwicklung einer Erkrankung beitragen kann. Der statistische Zusammenhang muss weiterhin in verschiedenen (Teil-)Populationen bestehen. Die Kausalität eines Zusammenhanges wird schließlich durch das Auffinden einer stabilen Dosis-Wirkungs-Beziehung nachhaltig unterstützt.

### 10.5.1 Lärmstress und Herz-Kreislaufsystem

#### **Bluthochdruck**

Bluthochdruck stellt ein eigenständiges Krankheitsbild dar. Im Spandauer Gesundheits-Survey (9. SGS) wurde der gemessene Blutdruck als auch die Häufigkeit von ärztlichen Hypertoniebehandlungen erhoben. Grundsätzlich wurden die Untersuchungspersonen in allen

Phasen des SGS bei Vorliegen eines klinischen Befundes von Bluthochdruck (und anderer auffälliger Befunde) aufgefordert, einen Arzt zu konsultieren (vgl. Kapitel 6).

Der Blutdruck wurde im SGS durch die indirekte Messung des arteriellen Drucks nach Riva-Rocci und Korotkoff bestimmt. Die Aufzeichnung erfolgte sowohl im steigenden als auch im fallenden Manschettendruck. Zur Festlegung des systolischen Drucks dienten die Kriterien für Phase 1 und für den diastolischen Druck die Kriterien für Phase 5. Die Messungen erfolgten unter weitgehender Einhaltung einer Ruhezeit von 5 Minuten zu Beginn der Untersuchung (Messung 1) und am Ende der Untersuchung (Messung 2) nach dem Arztgespräch. Zwischen beiden Messungen verging eine Zeit von 45 bis 60 Minuten. Aus den Messergebnissen bei steigendem und fallendem Druck wurde der Mittelwert für den systolischen und den diastolischen Wert gebildet. Grundsätzlich dienten zur Beurteilung der Messwerte die von der WHO [WHO 1978] angegebenen, zwischenzeitlich nach unten korrigierten Grenzwerte [WHO-ISH 1999]. Bei der ärztlichen Diagnose wurde jedoch die Altersabhängigkeit der Blutdruckwerte berücksichtigt.

In den bisher veröffentlichten Lärmstudien (vgl. [Babisch 2000a]) wurde Bluthochdruck entweder auf der Grundlage eigens durchgeführter klinischer Messungen oder anamnestischer Erhebungen zur Behandlungsgeschichte der Untersuchungspersonen diagnostiziert. Unter den spezifischen Bedingungen der Spandauer „Follow-up“-Studie (einheitliche ärztliche Kontrolle seit 18 Jahren) wurde die Prävalenz ärztlicher Behandlungen als die verlässlichere Datengrundlage von beiden angesehen. Die Auswertung der im 9. Durchgang gemessenen Blutdruckwerte stellt auf den ersten Blick zwar eine naheliegende Alternative dar. Eine Auswertung der Blutdruckmessungen ist in diesem klinisch überwachten Kollektiv jedoch nur bei gleichzeitiger Berücksichtigung von therapeutischen Maßnahmen, sowie der Einnahme von Medikamenten sinnvoll. Diese Informationen wurden im Spandauer Datensatz nicht vermerkt, flossen aber durch das ärztliche Gespräch in die Diagnosen ein. Es wird davon ausgegangen, dass die ärztlichen Hypertoniebehandlungen im wesentlichen durch die Diagnosen im Rahmen des SGS aufgenommen wurden. Diese Diagnosen wurden für alle Probanden vom gleichen Ärzteteam, unter standardisierten Bedingungen und nach gleichen Kriterien gestellt.

Für die Lärmstudie wurde die Prävalenz ärztlicher Behandlungen innerhalb verschiedener retrospektiver Beobachtungszeiträume ausgewertet. Neben den Angaben über ärztliche Behandlungen zwischen dem 8. und 9. Durchgang des SGS (Perioden-Prävalenz) wurden auch ärztliche Bluthochdruckbehandlungen im Laufe des Lebens (Lebenszeit-Prävalenz) ausgewertet, die ebenfalls im ärztlichen Gespräch erhoben wurden. Die Gespräche wurden – wie bereits erwähnt – vom gleichen Ärzteteam unter standardisierten Bedingungen durchgeführt. Die Verlässlichkeit der medizinischen Daten kann insgesamt, auch im Vergleich mit den bisher publizierten Studien, als gut bezeichnet werden.

Bezüglich des Zusammenhanges zwischen Verkehrslärm und Hypertonie zeigte sich in den bisher vorliegenden Studien ein heterogenes Bild. Einige frühe Studien ermittelten signifikante relative Risiken für Personen, die an ihrem Wohnort durch Fluglärm mit Tagesmittelungspegeln von 60-70 dB(A) belastet waren. Das relative Risiko (Prävalenzrate) lag in der Größenordnung von 1.5 bis 2.4 [Knipschild 1977a, Eiff et al. 1980, Eiff et al. 1981, Neus et al. 1983, Schulze et al. 1983]. Späteren Untersuchungen, denen aufgrund der besseren Kontrolle potentieller Störeinflüsse (Confounder) eine höhere Validität zugeschrieben wurde,

bestätigten den statistischen Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und Bluthochdruck nicht mehr [Knipschild et al. 1984, Herbold et al. 1989, Lercher 1992, Babisch et al. 1992]. Hier lagen die ermittelten relativen Risiken für Extremgruppenvergleiche bezüglich der Lärmbelastung zwischen 0.5 und 1.0 und waren zumeist nicht signifikant (vgl. [Babisch 2000a]).

In der Spandauer Studie wurde eine umfangreiche Kontrolle potentieller Störeinflüsse vorgenommen (vgl. Kapitel 8.1). Dabei zeigte sich in den statistischen Analysen die erwartete signifikante Abhängigkeit der Hypertonie vom Alter und vom relativen Körpergewicht („Body Mass Index“). Mit zunehmendem Alter und zunehmendem Body Mass Index war das Risiko für eine ärztliche Hypertoniebehandlung erhöht. Bei den Auswertungen zur nächtlichen Geräuschbelastung war zusätzlich die Lärmempfindlichkeit als zusätzlicher signifikanter Faktor zu beachten. Das Risiko für eine ärztliche Hypertoniebehandlung stieg mit zunehmender Lärmempfindlichkeit an.

Darüber hinaus war – gemäß der Arbeitshypothese – in der Gesamtstichprobe sowie in allen betrachteten Teilstichproben (vgl. Kapitel 9.1.1) eine signifikante Erhöhung des relativen Risikos (berechnet als Odds Ratio) für Hypertoniebehandlungen zu verzeichnen, wenn der nächtliche äquivalente Dauerschallpegel durch Straßenverkehrslärm am Wohnort der Probanden 55 dB(A) überschritt ( $p = 0,019$ ). Das relative Risiko lag im Vergleich zu Probanden mit einem nächtlichen Immissionspegel unter 50 dB(A) (Referenzkategorie) bei annähernd 1,9 (Perioden-Prävalenz). Wurden nur Probanden in die Analyse aufgenommen, für die in den letzten zwei Jahren kein Wohnungswechsel zu verzeichnen war, so erhöhte sich das relative Risiko nur leicht auf über 1,9 ( $p = 0,025$ ). Dieses Ergebnis ist auch deshalb von präventivmedizinischer Bedeutung da über 85 % der Probanden zum Zeitpunkt der Untersuchung mehr als 10 Jahren in der gleichen Wohnung lebten. Eine Zeitspanne die geeignet ist organische Befunde auszubilden [Reimer 1979, von Uexküll 1990].

Bezüglich der Schallbelastung am Tage war keine signifikante Erhöhung der relativen Risiken zu verzeichnen. Das relative Risiko für Personen, die an ihrem Wohnort tagsüber Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 65 dB(A) oder mehr ausgesetzt waren, lag bei 1,6.

Wird die nächtliche Schallbelastung als ursächlich für die erhöhten relativen Risiken angenommen, so ist für Probanden, die üblicherweise bei offenem Fenster schlafen, ein deutlich höheres Risiko zu erwarten, da der Schallpegel am Ohr des Schlafers erheblich höher ist. Das in der Studie ermittelte relative Risiko für eine ärztliche Behandlung aufgrund von Bluthochdruck (Perioden-Prävalenz) erhöhte sich hypothesenkonform bei einem Außenpegel von 55 dB(A) und geöffnetem Schlafzimmerfenster auf 6,1 ( $p = 0,023$ ), im Vergleich zu Probanden, die mit geöffnetem Fenster schliefen und deren nächtlicher äquivalenter Dauerschallpegel vor dem Schlafzimmerfenster unter 50 dB(A) lag. Dieses Ergebnis unterstützt die These, dass insbesondere die nächtliche Schallbelastung zur Ausbildung einer Hypertonie beiträgt.

Auch die Auswertung der Lebenszeit-Prävalenz lässt die besondere Bedeutung der nächtlichen Schallbelastung bei der Ausbildung einer Hypertonie erkennen. Das relative Risiko für eine Hypertoniebehandlung im Laufe des Lebens (Lebenszeit-Prävalenz) war bei einem nächtlichen Dauerschallpegel über 55 dB(A) ebenfalls signifikant erhöht ( $OR = 1,8$ ;

$p = 0,024$ ). Zwischen der Schallbelastung durch Straßenverkehr am Tage und der Lebenszeit-Prävalenz für Hypertoniebehandlungen bestand dagegen, wie bei der Perioden-Prävalenz, kein signifikanter Zusammenhang. Das höchste relative Risiko war jedoch für Personen zu verzeichnen, die an ihrem Wohnort Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 65 dB(A) oder mehr ausgesetzt waren ( $OR = 1,5$ ).

Das Vorliegen einer Dosis-Wirkungs-Beziehung wird üblicherweise zur Unterstützung eines vermuteten Kausalzusammenhangs herangezogen (z.B. [Hertz-Picciotto 1995]). Dosis-Wirkungs-Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und Bluthochdruck lagen bisher jedoch kaum vor. Entsprechend uneinheitlich fiel die Gesamtbewertung der wissenschaftlichen Evidenz zu dem Zusammenhang zwischen Lärmbelastung und Bluthochdruck aus. Es überwog das Urteil einer eingeschränkten Nachweislage [Berglund et al. 1995, Porter et al. 1998, Babisch 2000a].

Im Spandauer Gesundheits-Survey ergab sich für die Hypertonie-Perioden-Prävalenz eine eindeutige Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs. Mit steigenden Schallpegeln waren monoton steigende relative Risiken zu verzeichnen. Die Dosis-Wirkungs-Beziehung blieb in allen Teilstichproben stabil. Auch bei der Lebenszeit-Prävalenz zeigte sich eine streng monoton steigende Dosis-Wirkungs-Beziehung mit der nächtlichen Geräuschbelastung.

Die Ergebnisse zeigen, dass das relative Risiko für eine ärztliche Behandlung von Bluthochdruck für Personen erhöht ist, die in an ihrem Wohnort nächtlichen Dauerschallpegeln von mehr als 50 dB(A) ausgesetzt sind.

Im Gegensatz zum nächtlichen Dauerschallpegel waren für die Angaben einer starken (subjektiver) Störungen durch Straßenverkehrslärm am Tage oder in der Nacht keine nennenswerten Zusammenhänge mit den ärztlichen Behandlungen von Bluthochdruck zu verzeichnen. Die adjustierten Odds-Ratios lieferten keine Anhaltspunkte für eine Dosis-Wirkungs-Beziehung. Dies widerspricht sowohl der Arbeitshypothese als auch der klassischen Stresstheorie, die das Ausmaß einer Beeinträchtigung mit der Fähigkeit des Individuums verknüpft, die (Lärm-)Belastung zu bewältigen (z.B. [Heine 1997]). Die Auswertungen bezüglich der ärztlichen Behandlungen im Laufe des Lebens (Lebenszeit-Prävalenz) zeigten vergleichbare negative Ergebnisse.

Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass das relative Risiko für eine ärztliche Hypertoniebehandlung für Personen, die sich am Tage oder in der Nacht durch Straßenverkehrslärm stark gestört fühlen, nicht erhöht ist. Da in der vorliegenden Studie andererseits signifikante Zusammenhänge zwischen der subjektiven Störung durch Verkehrslärm am Tage und psychischen Störungen bestanden (vgl. Kapitel 9.4.1) wäre es denkbar, dass für die verschiedenen Funktionssysteme unterschiedliche Pathogenesemechanismen wirksam sind. Hier besteht ein erheblicher Klärungsbedarf.

Für Fluglärm war eine auffällige Erhöhung des relativen Risikos für Bluthochdruckbehandlungen (Perioden-Prävalenz) nur in der Fluglärmzone 2 zu verzeichnen ( $OR = 1,5$ ). Bei den Anamnesedaten zur Lebenszeit-Prävalenz erhöhte sich das geschätzte relative Risiko auf 2,3 und war grenzwertig signifikant ( $p = 0,079$ ). Für Probanden mit Wohnungen in der Fluglärmzone 3 war weder bei der Perioden- noch bei der Lebenszeit-Prävalenz eine

Risikoerhöhung zu verzeichnen. Frühe Studien, die in Amsterdam, Bonn und Erfurt durchgeführt wurden [Knipschild 1977, v. Eiff et al. 1981, Schulze et al. 1983], ergaben ein vergleichbares Hypertonierisiko bei Personen, die in Gebieten mit Außenlärm-Mittelungspegeln von tagsüber 60-70 dB(A) wohnten. In diesen Studien wurden signifikante relative Risiken zwischen 1.5 und 2.4 ermittelt. Es ist jedoch anzumerken, dass in der vorliegenden Studie die Fluglärm-Belastungsdaten der Probanden auf der Grundlage älterer Fluglärmzonen zugeordnet wurden. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die in Spandau lebende Kohorte mit dem Fluglärm des Flughafens Berlin Tegel belastet war, für den eine Nachtflugregelung besteht, die von 22:00 bis 5:00 Uhr keine planmäßigen Starts und Landungen zulässt. Für verspätete Starts und Landungen gibt es bis 23:00 Uhr eine Ausnahmeregelung [DFS 2001]. Die nächtliche Fluglärmbelastung in Spandau ist im bundesdeutschen Vergleich als eher moderat einzustufen.

Die Analysen liefern einen Hinweis darauf, dass das relative Risiko für eine ärztliche Behandlung von Bluthochdruck für Personen erhöht sein könnte, die in der Fluglärmzone 2 wohnen. Die Auswirkung einer Fluglärmbelastung und insbesondere der nächtlichen Fluglärmbelastung auf die Entwicklung von Bluthochdruck sollte daher in einer weiteren Studie überprüft werden.

Die Ergebnisse der Spandauer Studie erhöhen die Evidenz dafür, dass nächtlicher Straßenverkehrslärm die Entwicklung von Bluthochdruck beschleunigt oder fördert. Im Gegensatz zu den bisher publizierten Studien wurde bei der Erhebung der Schallbelastung die örtliche Lage der Wohnung umfassend berücksichtigt und eine eigenständige Erhebung der nächtlichen Schallexposition vorgenommen. Das Ergebnis, dass der nächtlichen Straßenverkehrsgeräuschbelastung in bezug auf Hypertonie eine wesentlich größere Bedeutung beigemessen werden muss, als der Geräuschbelastung am Tage, ist biologisch plausibel und deckt sich mit Ergebnissen experimenteller Untersuchungen zum gestörten Schlaf (vgl. Kapitel 4.4.2).

### **Ischämische Herzkrankheiten (IHK)**

Unter den Herz-Kreislauf-Krankheiten nehmen die ischämische Herzkrankheiten (ICD 9 410-414) einen bedeutenden Platz ein. Sie stellen ein verbreitetes und schwerwiegendes Krankheitsbild dar. In der Studie wurde die Häufigkeit von ärztlichen Behandlungen aufgrund ischämischer Herzkrankheiten ausgewertet. Im ärztlichen Gespräch wurden u.a. die Behandlung von Angina pectoris sowie Herzinfarktbehandlungen erfragt. Neben der Perioden-Prävalenz wurde auch die Lebenszeit-Prävalenz ausgewertet, die ebenfalls im ärztlichen Gespräch (geschultes Ärzteteam, standardisierte Bedingungen) erhoben wurde. Die Verlässlichkeit der Angaben zu ärztlichen Behandlungen kann als gut eingestuft werden.

Der Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und ischämischen Herzkrankheiten (IHK) ist wiederholt epidemiologisch untersucht worden (Übersicht in [Babisch 2000a]). Mit standardisierten Erhebungsmethoden wurde entweder die Prävalenz von Angina pectoris, Myokardinfarkt, ischämischen Zeichen im EKG oder die Inzidenz von akutem Myokardinfarkt ermittelt und in Beziehung zur Lärmbelastung am Wohnort gesetzt. In einer Gesamtschau lässt sich für den Vergleich zwischen mehr und weniger lärmbelasteten Untersuchungspersonen eine recht konsistente Verschiebung zu erhöhten relativen Risiken erkennen.



Nur wenige Untersuchungen erlaubten bisher Dosis-Wirkungs-Betrachtungen über gleichmäßig abgestufte Schallpegelkategorien [Babisch et al. 1994, Babisch et al. 1999]. Diese Untersuchungen ließen unterhalb eines äquivalenten Dauerschallpegels von 65 dB(A) am Tage keinen systematischen Trend zu einem Anstieg des relativen Risikos erkennen, im Vergleich zu Personen aus geringer belasteten Gebieten mit äquivalenten Dauerschallpegeln unter 55 dB(A). Oberhalb von 65-70 dB(A) stieg das Risiko jedoch monoton an. Die wissenschaftliche Evidenz für den Zusammenhang von Schallbelastung am Wohnort und Herzinfarkt wird unterschiedlich bewertet [Passchier-Vermeer 1993, Berglund et al. 1995, Babisch 1998, Porter et al. 1998, Scheuch et al. 1999].

Im Spandauer Datensatz zeigte sich mit zunehmendem Alter der Probanden erwartungsgemäß ein Anstieg des Risikos für ärztliche Behandlungen aufgrund ischämischer Herzerkrankungen. Für Angina pectoris war zusätzlich eine signifikante Abhängigkeit von der körperlichen Aktivität im Beruf zu verzeichnen. Probanden die angaben, dass ihr Beruf mit körperlicher Aktivität verbunden war, hatten ein erhöhtes Risiko.

Der Zusammenhang zwischen ischämischen Herzkrankheiten und Straßenverkehrsgeräuschbelastung am Wohnort war im Spandauer Datensatz insgesamt uneinheitlich. Im Einzelnen ergaben sich folgende Ergebnisse.

### **Angina pectoris (Durchblutungsstörungen am Herzen)**

Angina pectoris bedeutet wörtlich "Enge in der Brust" und ist häufig ein Symptom der koronaren Gefäßverengung. Angina pectoris ist häufig mit Ängsten verbunden.

Das relative Risiko für eine Behandlung aufgrund von Angina pectoris (Perioden-Prävalenz) zeigte keine signifikante Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel am Tage. Auch innerhalb der Stichprobe war mit steigenden Dauerschallpegeln kein systematischer Trend zu höheren Risiken zu beobachten, obwohl in allen Pegelgruppen höhere relative Risiken als in der Referenzgruppe zu verzeichnen waren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass nur äquivalente Tagesschallpegel unter 65 dB(A) analysiert werden konnten, bei denen auch in den bisher vorliegenden Untersuchungen keine systematischen Risikoerhöhungen zu erkennen waren.

Deutlicher war der Zusammenhang zwischen Angina pectoris und dem nächtlichen Dauerschallpegel. Für die nächtlichen Pegelklassen wurde ein signifikanter Zusammenhang zwar verfehlt, doch zeigten sich – auch in allen Teilstichproben – monoton steigende relative Risiken mit zunehmender Schallbelastung. Wurden nur Probanden in die Analyse aufgenommen, für die in den letzten zwei Jahren kein Wohnungswechsel zu verzeichnen war, so erhöhte sich das relative Risiko in der Pegelklasse über 55 dB(A) hypothesenkonform von 3,2 auf 3,5, war aber ebenfalls statistisch nicht signifikant.

Die Auswertung zur Lebenszeit-Prävalenz führte auf ähnliche Ergebnisse. Probanden aus Wohnorten, die mit nächtlichen Dauerschallpegeln von 55 dB(A) oder mehr belastet waren, wiesen gegenüber der Referenzgruppe (unter 50 dB(A)) ein höheres Risiko auf (OR = 1,7). Der Effekt war jedoch statistisch nicht signifikant. Für die Schallbelastung am Tage war auch bei diesen Anamnesedaten kein Zusammenhang mit den ärztlichen Behandlungen aufgrund von Angina pectoris zu erkennen.

Die relativen Risiken zur Perioden-Prävalenz für eine ärztliche Behandlung aufgrund von Angina pectoris zeigten eine eindeutige Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs. Mit zunehmenden Schallpegeln stiegen die Risiken monoton an. Die Dosis-Wirkungs-Beziehung blieb in allen betrachteten Teilstichproben stabil. Wie bei der Perioden-Prävalenz zeigten auch die relativen Risiken für die Lebenszeit-Prävalenz einen streng monotonen Anstieg mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs.

Die Ergebnisse geben aufgrund der Dosis-Wirkungs-Beziehungen einen Hinweis darauf, dass das relative Risiko für eine ärztliche Behandlung von Angina pectoris für Personen aus stärker verkehrslärmbelasteten Gebieten erhöht sein könnte, was einer weiteren Überprüfung bedarf.

Wie auch bei den Hypertoniebehandlungen zeigte die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris keinen beachtenswerten Zusammenhang mit der Angabe subjektiver Störungen durch Straßenverkehrslärm am Tage oder in der Nacht. Dies widerspricht – wie bereits beim Bluthochdruck diskutiert – der Arbeitshypothese als auch der klassischen Stresstheorie. Bei der Auswertung der ärztlichen Behandlungen im Laufe des Lebens (Lebenszeit-Prävalenz) ergaben sich dagegen erhöhte Risiken (OR = 1,7 tags, bzw. 1,8 nachts) für die stark gestörten Probanden gegenüber den wenig gestörten. Die Befunde waren jedoch weder statistisch signifikant, noch ließ sich eine (ordinale) Dosis-Wirkungs-Beziehung erkennen. Für Personen, die starke Störungen sowohl durch Straßenverkehrslärm als auch durch Fluglärm angaben, waren die relativen Risiken nicht erhöht.

Die Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass das relative Risiko für eine ärztliche Behandlung von Angina pectoris für Personen, die sich am Tage oder in der Nacht durch Straßenverkehrslärm gestört fühlen, nicht erhöht ist.

Für Fluglärm konnten aus Anzahlgründen nur Betrachtungen für Personen mit Wohnungen in der Fluglärmzone 3 angestellt werden. Das relative Risiko für die Perioden-Prävalenz von Angina pectoris lag bei 1,7, war aber statistisch nicht signifikant ( $p = 0,156$ ). Bei der Lebenszeit-Prävalenz war das Risiko für Probanden mit Wohnungen in der Fluglärmzone 3 nicht erhöht. Bezüglich der subjektiv empfundenen Störungen in der Nacht ergab sich für die stark gestörten Probanden gegenüber den gering gestörten ein erhöhtes Risiko von OR = 2,1, das aber ebenfalls weder signifikant war ( $p = 0,131$ ), noch eine Dosis-Wirkungs-Beziehung erkennen ließ (vgl. Kapitel 9.1.2).

Die Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass das relative Risiko für eine ärztliche Behandlung von Angina pectoris für Personen, die in der Fluglärmzone 3 wohnen, nicht erhöht ist.

### **Myocardinfarkt (Herzinfarkt)**

Nicht alle Patienten mit Angina pectoris erleiden auch einen Myocardinfarkt, aber das Risiko für einen Myocardinfarkt wird für diese Patienten als erhöht angesehen. Im Gegensatz zu dieser Erfahrung und der Arbeitshypothese war für die Myocardinfarkt-Behandlungen bei der Perioden-Prävalenz – in der Gesamtstichprobe sowie in allen Teilstichproben (vgl. Kapitel 9.1.3) – weder eine signifikante Erhöhung des relativen Risikos noch ein systematischer Zusammenhang mit der Höhe der Schallbelastung durch Straßenverkehr zu erkennen. Auch hier ist zu berücksichtigen, dass am Tage nur äquivalente Dauerschallpegel unter 65 dB(A)

analysiert werden konnten, bei denen auch in den bisher vorliegenden Untersuchungen keine systematischen Risikoerhöhungen zu erkennen waren.

Bezüglich des nächtlichen äquivalenten Dauerschallpegel zeigte sich ebenfalls kein systematischer Zusammenhang mit den Myocardinfarkt-Prävalenzen. So stieg das relative Risiko für eine Myocardinfarkt-Behandlung zwar in der Pegelklasse 50-55 dB(A) an (OR = 2,3), lag aber für Dauerschallpegel über 55 dB(A) nur noch geringfügig höher als in der Referenzgruppe unter 50 dB(A) (OR = 1,2). Bei Betrachtung der Lebenszeit-Prävalenz bestätigte sich die uneindeutige Datenlage. Das relative Risiko für eine Myocardinfarkt-Behandlung im Laufe des Lebens war in der Pegelklasse 50-55 dB(A) ebenfalls stark erhöht (OR = 4,7), verringerte sich aber für Dauerschallpegel über 55 dB(A) auf OR = 1,7. Mit steigender Schallbelastung am Tage zeigte sich bei der Lebenszeit-Prävalenz für Myocardinfarkt-Behandlungen zwar ein monotoner Anstieg der relativen Risiken, die statistische Signifikanz wurde jedoch in keinem Fall erreicht.

Eine Erklärung für die unterschiedlichen Risikoprofile bezüglich Angina pectoris und Herzinfarkt könnte in der unterschiedlichen Genese und dem unterschiedlichen Verlauf der Erkrankungen liegen. Bei einem Angina-pectoris-Anfall sind Durchblutung und Sauerstoffversorgung des Herzens i.d.R. infolge verengter Koronararterien vorübergehend vermindert. Myocardinfarkte treten dagegen häufig nicht nur aufgrund einer langsam fortschreitenden Gefäßverkalkung und Gefäßverengung auf, sondern plötzlich und unvermittelt bei zunächst noch weit offenen, aber vorgeschädigten Herzkranzgefäßen. Die Fettauflagerung ist an den betroffenen Gefäßwänden mit einem dünnen Häutchen überzogen, das eine Auflagerung von Blutgerinnseln und einen Verschluss des Gefäßes verhindert. Durch ein Initialereignis kann es zu einem Aufreißen dieses Schutzhäutchens mit nachfolgender Auflagerung von Blutgerinnseln kommen, was zu einer Verstopfung des Gefäßes mit entsprechenden plötzlich auftretenden Schmerzen führt. Bei einem Myocardinfarkt sind Durchblutung und Sauerstoffzufuhr in einem bestimmten Bezirk des Herzens plötzlich und auf Dauer unterbrochen (Ischämie), weil eine Koronararterie blockiert ist. Als Folge des Sauerstoffmangels stirbt zumindest ein Teil des Herzmuskels ab. Mehr als die Hälfte aller Myocardinfarktpatienten versterben deshalb innerhalb von 28 Tagen [Löwel et al. 1988]. Ein Angina-pectoris-Anfall verursacht im Gegensatz zu einem Myocardinfarkt gewöhnlich keine dauerhafte Schädigung des Herzens.

Die Ergebnisse lassen aufgrund der großen Konfidenzintervalle für die Schätzer des relativen Risikos nicht den Schluss zu, dass die Belastung durch hohe Straßenverkehrsgeräuschpegel die Entstehung von Myocardinfarkten beschleunigen oder fördern kann. Die Bedeutung der Schallexposition in diesem Zusammenhang muss in weiteren epidemiologischen Studien untersucht werden.

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen zu Angina pectoris zeigten subjektiv empfundene Störungen durch Straßenverkehrslärm am Tage mit der Perioden-Prävalenz von Myocardinfarkt-Behandlungen keinen beachtenswerten Zusammenhang. Für die Lebenszeit-Prävalenz ergab sich dagegen ein erhöhtes Risiko (OR = 1,8) bei stark gestörten Probanden gegenüber den wenig gestörten, das zwar statistisch nicht signifikant war, aber eine ordinale Dosis-Wirkungs-Beziehung erkennen ließ. Für Personen, die starke subjektiv empfundene Störungen sowohl durch Straßenverkehrslärm als auch durch Fluglärm angaben, errechnete

sich ein relatives Risiko von 2,8 ( $p = 0,13$ ). Für nächtliche Störungen waren keine nennenswerten Zusammenhänge mit der Myocardinfarkt-Prävalenz zu verzeichnen.

In den Ergebnissen deutet sich an, dass das relative Risiko für ärztliche Myocardinfarkt-Behandlungen für Personen erhöht sein könnte, die sich am Tage durch Straßenverkehrslärm stark gestört fühlen.

Bezüglich Fluglärm konnten aus Anzahlgründen keine relativen Risiken für Probanden aus der Fluglärmzone 2 berechnet werden. Für Probanden mit Wohnungen in der Fluglärmzone 3 ergaben sich keine signifikant erhöhten Risiken. Personen, die angaben, durch Fluglärm am Tag und in der Nacht stark gestört zu sein, wiesen zwar gegenüber wenig gestörten höhere Risiken auf ( $OR = 2,4$  tags bzw.  $1,9$  nachts), die statistische Signifikanz der Effekte wurde jedoch nicht erreicht. Die Betrachtung der Lebenszeit-Prävalenz lieferte ein ähnliches Ergebnis für die Störung am Tage, einschließlich einer Dosis-Wirkungs-Beziehung (vgl. Kapitel 9.1.3), bezüglich der nächtlichen Störungen war jedoch kein erhöhtes Risiko bei stark gestörten Probanden zu verzeichnen.

In der Spandauer Studie deutet sich an, dass eine starke subjektiv empfundene Störung durch Fluglärm die Ausbildung von Myocardinfarkten beschleunigen oder fördern könnte.

### Migräne

Nach Austin [Austin 1974] und Blau [Blau 1990] kann starker Lärmeinfluss Kopfschmerzen (Migräne) sowie neurotische und psychosomatische Erkrankungen auslösen. Der Lärm führt als Stress zu einer erhöhten Sympathikustätigkeit, die eine Vasokonstriktion von extra- und intrakranialen Arterien und Arteriolen mit einer zerebralen Hypoxie zur Folge hat. Das Blut wird über arteriovenöse Anastomosen (av-shunts) direkt in das venöse System abgeleitet. Das führt über eine Freisetzung von Thrombozytenserotonin zur Ausschüttung von Schmerzsubstanzen, wie beispielsweise Prostaglandin, Histamin oder Bradykinin [Erdmann 2002]. Diese senken die Schmerzschwelle oder verursachen die Schmerzen direkt. Nach Woodhouse [Woodhouse et al. 1993] ist die Beziehung zwischen der Lärmempfindlichkeit und dem Auslösen von Migräneattacken wissenschaftlich nachgewiesen.

Aufgrund der Genese kann Migräne den Herz-Kreislauf-Krankheiten zugeordnet werden. Sie stellt ein stark verbreitetes Krankheitsbild dar. In der Studie wurde die Häufigkeit von ärztlichen Behandlungen aufgrund von Migräne ausgewertet, die im ärztlichen Gespräch (geschultes Ärzteteam, standardisierte Bedingungen) erfragt wurden. Neben der Perioden-Prävalenz wurden wiederum auch die Lebenszeit-Prävalenz ausgewertet. Die Verlässlichkeit der Angaben zu ärztlichen Behandlungen kann als gut eingestuft werden.

Der Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und Migräne ist selten epidemiologisch untersucht worden [Biermann et al. 1997, Erdmann 2002]. Mit unterschiedlichen Erhebungsmethoden wurde die Prävalenz von Migräne erfasst und in Beziehung zur Lärmbelastung am Wohnort gesetzt. In den vorliegenden Arbeiten lässt sich für den Vergleich zwischen mehr und weniger lärmbelasteten Untersuchungspersonen eine Verschiebung zu einer erhöhten Migränehäufigkeit erkennen.

Im Spandauer Datensatz zeigte sich die erwartete signifikante Abhängigkeit der Migräne vom Alter und der Lärmempfindlichkeit der Probanden. Mit zunehmendem Alter und steigender Lärmempfindlichkeit war das Risiko für eine ärztliche Migränebehandlung erhöht. Zusätzlich bestand eine partielle Abhängigkeit vom Alkohol- und Tabakkonsum sowie vom selbstberichteten Hörschaden.

Dagegen zeigte das relative Risiko für eine Migränebehandlung bei der Perioden-Prävalenz keine signifikante Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel am Tage. Auch waren mit steigenden Pegeln keine höheren Risiken zu verzeichnen. Bei dem Ergebnis ist zu berücksichtigen, dass nur äquivalente Tagesschallpegel unter 65 dB(A) analysiert werden konnten und auch chronobiologische Aspekte nicht berücksichtigt worden sind.

Deutlich enger war der Zusammenhang zwischen Migränebehandlungen und dem nächtlichen Dauerschallpegel. Für die nächtlichen Pegelklassen wurde die statistische Signifikanz zwar verfehlt ( $p = 0,17$ ), doch zeigten sich – auch in allen Teilstichproben – steigende relative Risiken mit zunehmender Straßenverkehrsgeräuschbelastung. Wurden nur Probanden in die Analyse aufgenommen, für die in den letzten zwei Jahren kein Wohnungswechsel zu verzeichnen war, so erhöhte sich das relative Risiko in der Pegelklasse über 55 dB(A) geringfügig von 1,8 auf 1,9 und war grenzwertig signifikant ( $p = 0,10$ ).

Bei geöffnetem Schlafzimmerfenster erhöhte sich das ermittelte relative Risiko für die Perioden-Prävalenz von Migränebehandlungen hypothesenkonform in der Gruppe von Probanden mit einem Außenpegel von 55 dB(A) und auf 3,7, im Vergleich zu Probanden die mit geöffnetem Fenster schliefen und deren nächtlicher äquivalenter Dauerschallpegel vor dem Schlafzimmerfenster unter 50 dB(A) lag. Dieses Ergebnis unterstützt die These, dass insbesondere die nächtliche Schallbelastung zur Ausbildung von Migräne beiträgt.

Die Auswertung der Anamnesedaten zur Lebenszeit-Prävalenz bestätigte den Befund erhöhter relativer Risiken bei Probanden mit Wohnungen die mit nächtlichen Dauerschallpegeln von 55 dB(A) oder mehr belastet waren ( $OR = 1,7$ ;  $p = 0,057$ ). Für die Schallbelastung am Tage war dagegen auch bei den retrospektiven Anamnesedaten kein Zusammenhang mit den Migränebehandlungen zu erkennen.

Bei der Perioden-Prävalenz von Migränebehandlungen zeigte sich in einigen Betrachtungen (Teilkollektive) eindeutige Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs. Entsprechende Dosis-Wirkungs-Beziehungen waren bei der Lebenszeit-Prävalenz von Migränebehandlungen nicht zu verzeichnen.

Die Ergebnisse zeigen, dass das relative Risiko für eine ärztliche Behandlung von Migräne für Personen erhöht ist, die an ihrem Wohnort nächtlichen Dauerschallpegeln von mehr als 55 dB(A) ausgesetzt sind.

Bezüglich der subjektiv empfundenen Störung durch Straßenverkehrslärm am Tage ergab sich für die Perioden-Prävalenz eine signifikante Risikoerhöhung ( $OR = 1,9$ ;  $p = 0,037$ ) bei den stark gestörten gegenüber den wenig gestörten Probanden. Bei der nächtlichen Störung durch Straßenverkehrslärm ergab sich ein geringeres relatives Risiko für stark gestörte gegenüber wenig gestörten Probanden ( $OR = 1,4$ ), das nicht signifikant war. Während bei der Betrachtung der Schallpegel ein engerer Zusammenhang der Prävalenz mit der nächtlichen

Lärmbelastung bestand, war bei der Wahrnehmung von lärmbedingten Störungen der Zusammenhang mit der Belastung am Tage stärker. Bei dieser Interpretation ist aber zu bedenken, dass die Wahrnehmung in der Nachtzeit eingeschränkt ist. Ein Großteil der Nacht (22:00-6:00 Uhr) wird im Schlaf verbracht. Im Schlaf ist das Wachbewusstsein aber eingeschränkt oder erloschen [Koella 1988], und so kann die Wahrnehmung einer subjektiven Störung durch nächtlichen Lärm nur aus solchen Nachtzeiten stammen, in denen noch nicht, oder nicht mehr geschlafen wird. Aufgrund der eingeschränkten Wahrnehmung in der Nachtzeit ist eine Projektion von Störungen durch Lärm am Tage auf die Nachtzeit anzunehmen. Diese Interpretation wird auch dadurch gestützt, dass die Angaben zur nächtlichen Störung im SGS signifikant mit der Verkehrsgeräuschbelastung am Tage korreliert waren, nicht jedoch mit der Verkehrsgeräuschbelastung während der Nacht.

Die beobachtete Erhöhung des Risikos von Migränebehandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Straßenverkehr ist in Übereinstimmung der Arbeitshypothese. Die Behandlung von Migräne scheint sowohl von der nächtlichen Schallast als auch von dem Erleben lärmbedingter Störung abhängig zu sein.

Für die Lebenszeit-Prävalenz von Migränebehandlungen ergaben sich hingegen keine erhöhten Risiken bei stark gestörten Probanden gegenüber den wenig gestörten. Auch waren die relativen Risiken für Personen nicht erhöht, die stark sowohl durch Straßenverkehrslärm als auch durch Fluglärm gestört waren.

Bei der Prävalenz von Migränebehandlungen zeigte sich keine Abhängigkeit von den Fluglärmzonen. Bezüglich der Störung durch Fluglärm ergab sich ein erhöhtes Risiko nur bei der Perioden-Prävalenz in Abhängigkeit von der nächtlichen Störung ( $OR = 1,8$ ), das grenzwertig signifikant war ( $p = 0,094$ ), aber keine (ordinale) Dosis-Wirkungs-Beziehung erkennen ließ (vgl. Kapitel 9.1.4).

Die Ergebnisse legen insgesamt den Schluss nahe, dass das relative Risiko für ärztliche Behandlung von Migräne für Personen erhöht sein könnte, die an ihrem Wohnort nächtlichen Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von über 55 dB(A) ausgesetzt sind oder durch den Lärm stark gestört sind.

## 10.5.2 Lärmstress und Stoffwechsel

Zu den anerkannten Risikofaktoren koronarer Herzerkrankungen werden sowohl erhöhte Blutfette (Cholesterin) als auch Diabetes mellitus gezählt. Die Frage ob sich ein Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und den Risikofaktoren Cholesterin und Diabetes mellitus nachweisen lässt wurde anhand der Daten des SGS überprüft. Es wurden die Häufigkeiten von ärztlichen Behandlungen aufgrund erhöhter Cholesterinwerte sowie Diabetesbehandlungen ausgewertet (vgl. Kapitel 6). Im Rahmen der klinischen Untersuchungen im SGS wurden die Probanden bei Vorliegen auffälliger Befunde bei den genannten Stoffwechsel-Faktoren zum Aufsuchen eines Arztes aufgefordert.

### Cholesterin

Cholesterin ist eine lebenswichtige Verbindung, die der Körper zum Aufbau von Zellmembranen, zur Bildung von Gallensäuren und zur Hormonproduktion benötigt. Erhöhte Cholesterinwerte sind andererseits jedoch ein Risikofaktor für koronare Herzkrankheiten. Der Zusammenhang ist durch internationale und auch deutsche epidemiologische Untersuchungen gesichert (vgl. [Assmann et al. 1993]). Gesamtcholesterin setzt sich aus unverestertem (freien) und verestertem Cholesterin zusammen. Für epidemiologische Zwecke ist noch immer das Gesamtcholesterin die am besten belegte Risikoschätzgröße [Hoffmeister et al. 1995].

Die Bestimmung der Cholesterinwerte erfolgte im SGS nach der CHODPAP-Methode [Schoknecht et al. 1985] mit einem Technican SMAC Autoanalyzer. Als oberer Grenzwert des Referenzbereiches (Normbereiches) wurde bei Männern und Frauen ein Wert von 6,5 mol/l angesetzt. Dieser Wert wurde unabhängig vom Alter der Probanden vorgegeben. Die Ärzte diagnostizierten erhöhte Cholesterinwerte jedoch unter Berücksichtigung einer geschlechtsbezogenen Altersabhängigkeit.

Unter den spezifischen Bedingungen der Spandauer follow-up Studie (einheitliche ärztliche Kontrolle seit 18 Jahren) wird davon ausgegangen, dass die Anzahl ärztlicher Behandlungen aufgrund von erhöhten Cholesterinwerten auf den einheitlichen Diagnosen (gleiches Ärzteteam, standardisierte Bedingungen) im Rahmen des SGS beruhen. Die alleinige Auswertung der im 9. Durchgang gemessenen Cholesterinwerte war nicht sinnvoll, da im Datensatz z. B. keine Informationen über therapeutische Maßnahmen oder über die Einnahme von Medikamenten vorlagen.

Zusätzlich zu den Behandlungen im 9. Durchgang des SGS (Perioden-Prävalenz) wurden anamnestische Daten zur Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen aufgrund erhöhter Cholesterinwerte ausgewertet, die im ärztlichen Gespräch (gleiches Ärzteteam, standardisierte Bedingungen) erhoben wurden. Die Verlässlichkeit der Angaben zu ärztlichen Behandlungen kann als gut eingestuft werden.

Der Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und Cholesterin ist selten epidemiologisch untersucht worden [Babisch et al. 1992, Ising et al. 1998]. Die Prävalenz von erhöhten Cholesterinwerten wurde dabei in Beziehung zur Lärmbelastung am Wohnort gesetzt. Für den Vergleich zwischen mehr und weniger lärmbelasteten Untersuchungspersonen lässt sich in den Studien eine Verschiebung zu erhöhten Cholesterinwerten bei stärker lärmbelasteten erkennen.

Das relative Risiko für eine Behandlung aufgrund von erhöhten Cholesterinwerten zeigte für die Perioden-Prävalenz zwar keine signifikante Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel am Tage. Es war jedoch eine auffällige Erhöhung des relativen Risikos für Personen zu verzeichnen, die an ihrem Wohnort Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 65 dB(A) oder mehr ausgesetzt waren (OR = 1,7).

Statistisch enger war der Zusammenhang zwischen den Cholesterinbehandlungen und dem nächtlichen Dauerschallpegel. Für die nächtlichen Pegelklassen wurde ein signifikanter Zusammenhang zwar verfehlt ( $p = 0,079$ ), doch zeigten sich – auch in allen Teilstichproben – monoton steigende relative Risiken mit zunehmender Straßenverkehrsgeräuschbelastung. Wurden nur Probanden in die Analyse aufgenommen, für die in den letzten zwei Jahren kein Wohnungswechsel zu verzeichnen war, so ergaben sich entsprechende Ergebnisse. In der

Pegelklasse über 55 dB(A) betrug das relative Risiko den Wert 1,5 und war wie schon in der Gesamtstichprobe grenzwertig signifikant ( $p = 0,10$ ).

Das in der Studie ermittelte relative Risiko einer ärztlichen Cholesterinbehandlung erhöhte sich für die Perioden-Prävalenz hypothesenkonform bei einem Außenpegel von 55 dB(A) und geöffnetem Schlafzimmerfenster auf 1,8, im Vergleich zu Probanden die mit geöffnetem Fenster schliefen und deren nächtlicher äquivalenter Dauerschallpegel vor dem Schlafzimmerfenster unter 50 dB(A) lag. Diese Ergebnisse – obwohl statistisch nicht signifikant – unterstützen die These, dass insbesondere die nächtliche Schallbelastung ursächlich zur Ausbildung erhöhter Cholesterinwerte beitragen kann.

Die Auswertung der Lebenszeit-Prävalenz bestätigte die Befunde, wonach Personen mit Wohnorten, die mit nächtlichen Dauerschallpegeln von 55 dB(A) oder mehr belastet waren, ein erhöhtes Risiko für Behandlungen wegen erhöhter Cholesterinwerte aufwiesen ( $OR = 1,5$ ;  $p = 0,09$ ). Für die Schallbelastung am Tage war dagegen kein Zusammenhang mit den Anamnesedaten zur Lebenszeit-Prävalenz zu erkennen.

Bei der Perioden-Prävalenz von Cholesterinbehandlungen zeigte sich eine eindeutige Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs. Mit zunehmenden Dauerschallpegeln ergaben sich monoton steigende Risiken. Die Dosis-Wirkungs-Beziehung blieb in allen betrachteten Teilstichproben stabil. Ebenso wie bei der Perioden-Prävalenz zeigten sich auch bei der Lebenszeit-Prävalenz streng monotonen steigende Dosis-Wirkungs-Zusammenhänge mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs.

Die Ergebnisse geben Hinweise darauf, dass das relative Risiko für eine ärztliche Cholesterinbehandlung mit steigender nächtlicher Schallbelastung der Betroffenen ansteigen könnte.

Bezüglich der subjektiven Störung durch Straßenverkehrslärm am Tage war bei der Perioden-Prävalenz nur ein geringer Zusammenhang mit den Cholesterinbehandlungen zu verzeichnen. Bezüglich der subjektiven Störung durch Straßenverkehrslärm in der Nacht war der Zusammenhang zwar stärker, erreichte aber keine statistische Signifikanz. Das geschätzte relative Risiko von stark durch Straßenverkehrslärm gestörten Personen lag bei 1,4.

Bei der Lebenszeit-Prävalenz zeigten sich keine nennenswert erhöhten Risiken für eine stark durch Straßenverkehrslärm gestörte Probanden. Auch waren die relativen Risiken für Personen nicht erhöht die, sowohl durch Straßenverkehrslärm als auch durch Fluglärm stark gestört waren.

Die Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass das relative Risiko für eine ärztliche Cholesterinbehandlung für Personen nicht erhöht ist, die sich an ihrem Wohnort durch nächtlichen Lärm stark gestört fühlen.

Die Cholesterinbehandlungen zeigten weder bezüglich der Perioden-Prävalenz noch bei der Lebenszeit-Prävalenz eine Abhängigkeit von den Fluglärmzonen. Bezüglich der subjektiv empfundenen Störung durch Fluglärm ergab sich ein erhöhtes Risiko nur bei der Perioden-



Prävalenz für in der Nacht stark gestörte Probanden ( $OR = 1,3$ ) die aber keine statistische Signifikanz erreichte. Merkmale eine Dosis-Wirkungs-Beziehung ließen sich nicht erkennen.

Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass das relative Risiko für eine ärztliche Cholesterinbehandlung für Personen nicht erhöht ist, die an ihrem Wohnort Fluglärm ausgesetzt sind.

Die Ergebnisse zeigen insgesamt, insbesondere aufgrund des Vorliegens einer Dosis-Wirkungs-Beziehung, dass das relative Risiko für eine ärztliche Cholesterinbehandlung für Personen, die an ihrem Wohnort nächtlichen Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 50 dB(A) oder mehr ausgesetzt sind, erhöht sein könnte. Eine Abhängigkeit von der subjektiven Störung durch Straßenverkehrslärm ist nicht zu erkennen.

### **Diabetes (Zuckerkrankheit)**

Diabetes mellitus hat sich in den hochentwickelten Ländern zu einer weit verbreiteten Volkskrankheit entwickelt. Gemäß der WHO-Klassifikation [WHO 1985], die ätiopathogenetischen und präventiven Aspekten Rechnung trägt, wird zwischen dem insulinbedürftigen Diabetes (IDDM oder Typ-I Diabetes) und dem insulinunabhängigen Diabetes (NIDDM oder Typ-II Diabetes) unterschieden. Die Inzidenz des insulinabhängigen Typ-I Diabetes zeigt eine bimodale Altersverteilung. Ein Maximum tritt nahe der Pubertät auf, ein weiteres im 5. Lebensjahrzehnt. Der Anteil der insulinunabhängigen Diabetes (Typ-II) nimmt mit dem Alter zu, überproportional oberhalb des 50. Lebensjahres und erreicht hier bei der Diagnosestellung mehr als 95 % [BMG 1993]. Nur der Diabetes Typ-II wurde in der vorliegenden Untersuchung ausgewertet. Bekannte Risikomerkmale des Diabetes Typ-II sind die gestörte Glukosetoleranz, die Hyperlipidämie, der Hyperinsulinismus, die Hypertonie und die Adipositas. Eine medikamentöse Behandlung erübrigt sich beim Diabetes Typ-II, wenn eine Diabetes-Diät erfolgreich durchgeführt werden kann.

In der Studie wurde die Prävalenz von ärztlichen Behandlungen aufgrund von Diabetes ausgewertet, die im ärztlichen Gespräch erfragt wurden. Neben der Perioden-Prävalenz wurden die anamnestische Daten zur Lebenszeit-Prävalenz ausgewertet, die ebenfalls im ärztlichen Gespräch (geschultes Ärzteteam, standardisierte Bedingungen) erhoben wurden. Die Verlässlichkeit der Angaben zu den ärztlichen Behandlungen kann als gut eingestuft werden. Die Gültigkeit von Selbstangaben zu Diabetes mellitus wird dagegen in Frage gestellt [Bormann et al. 1990].

Studien, die den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und Diabetes mellitus epidemiologisch untersuchten, liegen nicht vor. Aus Übersichtsarbeiten zum Arbeitslärm (z. B. [Stark et al. 1998]) lässt sich für den Vergleich zwischen mehr und weniger lärmbelasteten Untersuchungspersonen eine Verschiebung zu einer erhöhten Häufigkeit von Diabetes mellitus erwarten.

Im Spandauer Datensatz zeigte sich eine signifikante Abhängigkeit des Diabetes vom Alter, vom Alkoholkonsum, vom relativen Körpergewicht („Body-Mass-Index“) und der Jahreszeit der Befragung. Mit zunehmendem Alter und höherem Alkoholkonsum war das Risiko für ärztliche Diabetesbehandlung erhöht. Zusätzlich war eine partielle Zunahme ärztlicher

Diabetesbehandlung vom Body-Mass-Index und Jahreszeit der Befragung (Winter) zu verzeichnen.

Das relative Risiko für eine Behandlung aufgrund von Diabetes mellitus zeigte weder für die Perioden-Prävalenz noch für die Lebenszeit-Prävalenz eine signifikante Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel am Tage. Eine auffällige, doch nicht signifikante, Erhöhung des relativen Risikos war in der Stichprobe für Personen zu verzeichnen, die an ihrem Wohnort Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 65 dB(A) oder mehr ausgesetzt waren (OR = 1,6). Merkmale einer Dosis-Wirkungs-Beziehung ließen sich nicht erkennen.

Auch für die nächtlichen Pegelklassen zeigte sich weder für die Perioden-Prävalenz noch für die Lebenszeit-Prävalenz ein nennenswerter Zusammenhang mit der Straßenverkehrsgeräuschbelastung.

Die Analysen lassen den Schluss zu, dass das relative Risiko für eine ärztliche Diabetesbehandlung nicht durch die Schalllast des Straßenverkehrs beeinflusst wird.

Auch bezüglich der subjektiven Störung durch Straßenverkehrslärm am Tage oder in der Nacht war kein positiver Zusammenhang mit der Prävalenz von Diabetesbehandlungen zu erkennen.

Die Prävalenz der Diabetesbehandlungen zeigte darüber hinaus keine Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen. Auch bezüglich der subjektiv empfundenen Störung durch Fluglärm ergaben sich für Probanden, die angaben, stark gestört zu sein, nur leicht erhöhte Risiken, die keine statistische Signifikanz erreichten. Eine (ordinale) Dosis-Wirkungs-Beziehung ließ sich auch hier nicht erkennen.

Die Ergebnisse der Studie lassen insgesamt den Schluss zu, dass Diabetes Typ-II weder von der nächtlichen Schalllast noch von der erlebten Störung durch Lärm abhängig ist.

### 10.5.3 Lärmstress und Immunsystem

Es kann als wissenschaftlich erwiesen angesehen werden, dass Immunsystem, Nervensystem und endokrines System funktionell miteinander verbunden sind [Schedlowski 1996]. Die Systeme können einander sowohl Signale senden, als auch Signale von einander empfangen [Rabin et al. 1989, Leo 1998, Maschke et al. 2000]. Wichtige Kettenglieder in der Kommunikation sind das Hypophysen-Nebennieren-System („HPA-Achse“) und das sympathische Nervensystem (SNS). Die Aktivität beider wird durch mentalen Stress, in Form von vermehrter Ausschüttung von Glukokortikoiden und Katecholaminen, beeinflusst. Verschiedene Immunfunktionen können sich in Folge verändern, z. B. durch die Fähigkeit der Glukokortikoide sich an Rezeptoren auf der Oberfläche von Lymphozyten zu binden. Adrenergene Mechanismen (z. B. durch Noradrenalin vermittelt) tragen ebenfalls zur veränderten Funktion des Immunsystems bei. Eine häufige und wichtige Folge des gestörten Immunsystems ist das Auftreten von Allergien. Im Gegensatz zu anderen Umwelterkrankungen, bei denen Organfunktionen beeinträchtigt werden, ist das

Immunsystem bei Vorliegen von Allergien stark aktiviert – was sich allerdings als Nachteil erweist.

In der Spandauer Studie wurde die Häufigkeit von ärztlichen Behandlungen aufgrund allergischer Erkrankungen ausgewertet. Im ärztlichen Gespräch wurde u.a. die Behandlung von Asthma bronchiale und chronischer Bronchitis erfragt. Zusätzlich wurden schriftliche Angaben der Probanden zu juckenden Ekzemen, zu Heuschnupfen und der Teilnahme an einem Allergietest in einer Summenvariable mit der Bezeichnung „Allergieneigung“ zusammengefasst.

Eine weitere Folge eines gestörten Immunsystems kann auch das vermehrte Auftreten von Krebserkrankungen sein. Noch immer ist es der Wissenschaft nicht vollständig gelungen das komplizierte Zusammenspiel der vielfältigen Faktoren zu entschlüsseln, die beim Menschen Krebs auslösen können. Zu den bekannten Risikofaktoren gehören neben genetischen Veranlagungen auch Umwelteinflüsse und der Kontakt mit bestimmten Chemikalien. Doch auch die Ernährung, Infektionen, Hormone und Stress können das Krebsrisiko beeinflussen. Vor diesem Hintergrund wurden auch die Behandlungen aufgrund von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der Lärmbelastung ausgewertet. Neben der Perioden-Prävalenz wurden die Behandlungen im Laufe des Lebens (Lebenszeit-Prävalenz) betrachtet, die ebenfalls im ärztlichen Gespräch (geschultes Ärzteteam, standardisierte Bedingungen) erhoben wurden. Die Verlässlichkeit der Angaben zu ärztlichen Behandlungen kann als gut eingestuft werden. Das trifft nicht auf die Summenvariable „Allergieneigung“ zu. Die schriftlichen Angaben der Probanden zu juckenden Ekzemen, Heuschnupfen und zur Teilnahme an einem Allergietest wurden ärztlich nicht überprüft.

Der Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und allergischen Erkrankungen ist kürzlich an Kindern untersucht worden [Ising 2001, 2002]. Mit standardisierten Erhebungsmethoden wurde die Prävalenz von Allergien ermittelt und in Beziehung zur Lärmbelastung am Wohnort gesetzt. In den Studien lässt sich im Vergleich zwischen mehr und weniger lärmbelasteten Kindern eine signifikante Verschiebung zu erhöhten Allergie-Risiken bei den stärker exponierten Kindern erkennen.

Die wissenschaftliche Evidenz für einen Zusammenhang von Geräuschbelastung am Wohnort und Allergien wird allgemein noch zurückhaltend bewertet.

Im Spandauer Datensatz zeigte sich mehrheitlich eine signifikante Abhängigkeit der allergischen Erkrankungen vom Alter und bei Krebserkrankungen zusätzlich von der Lärmempfindlichkeit der Probanden. Mit zunehmendem Alter und abnehmender Lärmempfindlichkeit war das Risiko für eine ärztliche Behandlung erhöht. Für Lungen-Bronchialasthma war eine signifikante Abhängigkeit vom Verlust des Ehepartners zu verzeichnen. Probanden die angaben, ihren Ehepartner verloren zu haben, hatten ein stark erhöhtes Risiko. Der Zusammenhang allergischer Erkrankungen mit der Straßenverkehrs-geräuschbelastung am Wohnort war im Spandauer Datensatz insgesamt uneinheitlich. Für Krebserkrankungen ergab sich ein stark erhöhtes Risiko, das grenzwertig signifikant war, wenn der nächtliche Dauerschallpegel am Wohnort 55 dB(A) überstieg.

Im Einzelnen ergaben sich folgende Ergebnisse.

### Asthma bronchiale

Asthma bronchiale ist eine der häufigsten chronischen Erkrankungen sowohl im Kindesalter als auch im Erwachsenenalter. In Deutschland leidet etwa jeder zwanzigste Erwachsene an einer asthmoiden Symptomatik [Hoffmeister 1995].

Das relative Risiko für eine Behandlung aufgrund von Asthma bronchiale zeigte bei der Perioden-Prävalenz keine nennenswerte Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel am Tage. Ebenso war für den nächtlichen Dauerschallpegel kein Zusammenhang mit Asthma bronchiale zu verzeichnen.

Die Auswertung der Lebenszeit-Prävalenz ergab dagegen ein anderes Bild. Für den äquivalenten Dauerschallpegel am Tage wurde ein signifikanter Zusammenhang zwar verfehlt, doch zeigten sich hier – auch in der Teilstichprobe – steigende relative Risiken mit zunehmender Schallbelastung. Bezüglich der Schallbelastung in der Nacht war ein signifikanter Zusammenhang mit den ärztlichen Behandlungen aufgrund von Asthma bronchiale zu verzeichnen, sofern der nächtliche äquivalente Dauerschallpegel 55 dB(A) überstieg (OR = 1,6;  $p = 0,048$ ).

Die relativen Risiken für eine ärztliche Behandlung aufgrund von Asthma bronchiale ließen bei der Lebenszeit-Prävalenz Merkmale einer Dosis-Wirkungs-Beziehung erkennen. Für die höchste Schallpegelklasse ergaben sich jeweils die größten Risiken. Die Merkmale einer Dosis-Wirkungs-Beziehung blieben auch in der Teilstichprobe stabil. Dagegen bestanden bei der Perioden-Prävalenz keine Dosis-Wirkungs-Zusammenhänge.

Die Ergebnisse zeigen, dass das relative Risiko für eine ärztliche Behandlung von Asthma bronchiale im Laufe des Lebens für Personen erhöht sein könnte, die in an ihrem Wohnort nächtlichen Dauerschallpegeln von mehr als 55 dB(A) ausgesetzt sind.

Für Personen, die sich am Tag oder in der Nacht stark durch Straßenverkehrslärm gestört fühlten, ergaben sich bei der Perioden-Prävalenz von Asthma bronchiale gegenüber wenig gestörten zwar erhöhte Risiken (OR = 1,7 tags bzw. 1,4 nachts), die aber statistisch nicht signifikant waren. Merkmale einer (ordinalen) Dosis-Wirkungs-Beziehung ließen sich nicht erkennen. Bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz waren die Ergebnisse ähnlich (OR = 1,7 tags bzw. 1,6 nachts). Personen, die über starke Störungen sowohl durch Straßenverkehrslärm als auch durch Fluglärm berichteten, wiesen ein nur geringfügig erhöhtes Risiko auf.

Die Ergebnisse legen insgesamt den Schluss nahe, dass das relative Risiko für ärztliche Behandlung von Asthma bronchiale für Personen, die sich am Tage oder in der Nacht durch Straßenverkehrslärm stark gestört fühlen, nicht erhöht ist.

Bezüglich Fluglärm konnten für die Probanden die in der Fluglärmzone 2 wohnten keine relativen Risiken berechnet werden. Die Anzahl der gültigen Fälle war zu gering. Für Personen, die in der Fluglärmzone 3 wohnten, war das Risiko für eine ärztliche Behandlung von Asthma bronchiale nicht nennenswert höher als für die, die außerhalb der Fluglärmzonen wohnten. Auch bei der Lebenszeit-Prävalenz war das Risiko einer ärztlichen Bronchitis-Behandlung in der Fluglärmzone 3 nicht erhöht.

Die Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass das relative Risiko für eine ärztliche Behandlung von Asthma bronchiale für Personen nicht erhöht ist, die in der Fluglärmmzone 3 wohnen.

Die Ergebnisse der Studie unterstützen insgesamt die Hypothese, dass nächtlicher Straßenverkehrslärm die Entwicklung von Asthma bronchiale (im Laufe des Lebens) fördern kann.

### **Chronische Bronchitis**

Chronische Bronchitis ist ebenso wie Asthma bronchiale eine weit verbreitete chronische Erkrankung sowohl im Kindesalter als auch im Erwachsenenalter.

Das relative Risiko für eine Behandlung aufgrund einer chronischen Bronchitis zeigte bei der Perioden-Prävalenz eine unerwartete Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel am Tage. Die Prävalenz war gegenüber der Referenzkategorie in allen Pegelklassen deutlich erhöht, wurde aber hypothesenkonträr mit höheren Schallpegeln geringer ( $OR = 3,6-1,6$ ). Eine grenzwertig statistische Signifikanz wurde nur für die Schallpegelklasse 55-60 dB(A) erreicht ( $p = 0,077$ ). Beim nächtlichen Schallpegel war eine leichte Abnahme der Prävalenz mit steigendem Schallpegel zu verzeichnen.

Die Auswertung zur Lebenszeit-Prävalenz bestätigte das heterogene Bild. Für den äquivalenten Dauerschallpegel am Tage ergab sich ein signifikant erhöhtes relatives Risiko für die Schallpegelklasse 60-65 dB(A) ( $p = 0,046$ ). Für die Probanden der Schallpegelklasse über 65 dB(A) war dagegen kein erhöhtes Risiko für chronische Bronchitis mehr zu verzeichnen. Auch bezüglich der Schallbelastung in der Nacht ergab sich bei den retrospektiven Anamnesedaten kein nennenswerter Zusammenhang mit den ärztlichen Behandlungen aufgrund von chronischer Bronchitis. Die Prävalenzen für eine ärztliche Behandlung aufgrund von chronischer Bronchitis zeigten keine Merkmale einer Dosis-Wirkungs-Beziehung.

Die Ergebnisse geben Hinweise darauf, dass das relative Risiko für eine ärztliche Behandlung von chronischer Bronchitis für Personen aus tagsüber stärker verkehrslärmbelasteten Gebieten erhöht sein könnte.

Stark durch Straßenverkehrslärm am Tage oder in der Nacht gestörte Probanden wiesen bei der Perioden-Prävalenz gegenüber der Referenzgruppe keine erhöhten Risiken für chronische Bronchitis auf. Für ärztliche Behandlungen im Laufe des Lebens (Lebenszeit-Prävalenz) ergab sich ebenfalls kein erhöhtes Risiko für die stark gestörten Probanden gegenüber den wenig gestörten. Für Personen, die über starke Störungen sowohl durch Straßenverkehrslärm als auch durch Fluglärm berichteten, war das relative Risiko leicht erhöht ( $OR = 1,4$ ), ohne jedoch die statistische Signifikanz zu erreichen.

Die Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass das relative Risiko für eine ärztliche Behandlung von chronischer Bronchitis für Personen nicht erhöht ist, die sich am Tage oder in der Nacht durch Straßenverkehrslärm stark gestört fühlen.

Für Probanden, die in den Fluglärmmzonen wohnten, war das Risiko für eine ärztliche Behandlung von chronischer Bronchitis bezüglich der Perioden-Prävalenz nicht nennenswert höher als für solche die außerhalb der Fluglärmmzonen wohnten. Bei der Lebenszeit-Prävalenz war das Risiko einer ärztlichen Behandlung dagegen in der Fluglärmmzone 2 auffällig erhöht ( $OR = 2,3$ ), ohne auch hier die statistische Signifikanz zu erreichen.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass nächtlicher Straßenverkehrslärm die Entwicklung von chronischer Bronchitis (im Laufe des Lebens) fördern könnte. Bei den insgesamt uneinheitlichen Ergebnissen ist aber zu beachten, dass der Verkehrslärm über die Verkehrsmenge mit der Luftqualität verknüpft ist. Ein hohes Verkehrsaufkommen ist sowohl mit einer hohen Geräuschbelastung als auch mit einer erhöhten Luftverunreinigung verbunden. Für Luftverunreinigungen ist ein Zusammenhang mit chronischer Bronchitis bekannt [Künzli 2001]. Insofern können die gefundenen Effekte ganz oder teilweise auf Luftverunreinigungen beruhen. Der Beitrag des Verkehrslärms sowie die Rolle von Interaktionseffekten muss in weiteren epidemiologischen Studien geklärt werden.

### Allergieneigung

Zu den klassischen allergischen Erkrankungen zählen außer Asthma und Bronchitis auch der Heuschnupfen (Rhinitis allergica). Die Erkrankung, die zum Formenkreis der Atopie gehört, tritt familiär gehäuft auf. Oft entwickeln die Betroffenen auch andere Manifestationen atopischer Erkrankungen wie z. B. juckende Ekzeme [Fuchs 1991].

In der vorliegenden Studie wurden daher schriftliche Angaben der Probanden zu juckenden Ekzemen, zu Heuschnupfen und der Teilnahme an einem Allergietest in einer Summenvariable mit der Bezeichnung „Allergieneigung“ zusammengefasst. Für diese im 9. Durchgang eingeführten Variablen lagen keine im ärztlichen Interview erhobenen retrospektiven anamnestischen Daten zur Lebenszeit-Prävalenz vor. Die Verlässlichkeit der ungeprüften Angaben zur Perioden-Prävalenz kann in Frage gestellt werden.

Studien, in denen der Zusammenhang zwischen Verkehrslärm am Wohnort und Allergieneigungen epidemiologisch untersucht wurden, liegen nicht vor. Aus Arbeiten von Ising [Ising et al. 2002] lässt sich für den Vergleich zwischen mehr und weniger verkehrsbelasteten Untersuchungspersonen die Hypothese ableiten, dass stärker lärmbelastete Probanden eine erhöhte Allergieneigung aufweisen.

Das relative Risiko für eine Allergieneigung zeigte bei der Perioden-Prävalenz keine signifikante Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel am Tage. Eine auffällige Erhöhung des relativen Risikos war jedoch in der Stichprobe für Personen zu verzeichnen, die an ihrem Wohnort Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 65 dB(A) oder mehr ausgesetzt waren ( $OR = 1,5$ ). In der höchsten Pegelklasse wurde jeweils das höchste relative Risiko beobachtet. Hinsichtlich der nächtlichen Geräuschbelastung bestand kein nennenswerter Zusammenhang mit der Allergieneigung.

Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass das relative Risiko für eine erhöhte Allergieneigung nicht durch die Schalllast aufgrund von Straßenverkehr beeinflusst wird.

Auch bezüglich der Störung durch Straßenverkehrslärm am Tage oder in der Nacht war kein positiver Zusammenhang mit der Allergieneigung erkennbar. Die Analysen lassen den Schluss zu, dass das relative Risiko für eine erhöhte Allergieneigung nicht durch die subjektiv empfundene Störung aufgrund von Straßenverkehrslärm beeinflusst wird.

Die Allergieneigung der Probanden zeigte keine Abhängigkeit von der Lage der Wohnungen in den Fluglärmmzonen. Auch bezüglich der Störung durch Fluglärm ergaben sich keine Hinweise auf einen Zusammenhang. Eine Dosis-Wirkungs-Beziehung ließ sich nicht erkennen.

Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass die Allergieneigung der Probanden nicht durch Fluglärm beeinflusst wird.

Die Allergieneigung scheint nach den Ergebnissen dieser Studie weder von der nächtlichen Schalllast, noch von dem Erleben einer lärmbedingten Störung abhängig zu sein. Dabei ist noch einmal darauf hinzuweisen, dass die Summenvariable „Allergieneigung“ nur die Selbstangaben der Probanden wiedergibt und nicht ärztlich überprüft wurde. Die Probanden des SGS waren im Mittel 60 Jahre alt und auffällig gesundheitsbewusst. Die Allergieneigung ist besonders in den ersten beiden Lebensjahrzehnten ausgeprägt und steigt erst nach dem 50. Lebensjahr wieder leicht an. Der leichte Anstieg im fortgeschrittenen Alter war auch im Spandauer Datensatz zu beobachten.

### **Krebserkrankungen**

Bei einer Krebserkrankung wird die Erbsubstanz einer einzelnen Körperzelle verändert. Die Zelle verliert die natürliche Wachstumskontrolle und teilt sich unaufhaltsam. Nach einiger Zeit (manchmal erst nach Jahren) entsteht so ein Tumor, der Beschwerden verursacht oder bei einer Vorsorgeuntersuchung entdeckt wird.

Obwohl es bei jedem Menschen täglich millionenfach zur Veränderung der Erbsubstanz kommt, entstehen nur selten Krebserkrankungen. Der menschliche Organismus verfügt über natürliche Abwehrmechanismen, die den Beginn einer Krebserkrankung verhindern. Die Erbsubstanz kann repariert werden oder die Zellen zerstören sich, sobald eine Schädigung der Erbsubstanz auftritt. Entartete Zellen werden auch durch das Immunsystem aufgespürt und vernichtet. In seltenen Fällen kommt es zu einer vollständigen Zerstörung schon vorhandener Tumore. Wesentlich für die Schädlichkeit exogener Einflüsse ist die Dauer des Einwirkens. Zusammen mit der Abnahme der Reparaturfähigkeiten des menschlichen Organismus im Alter ist dies einer der Gründe dafür, dass Krebserkrankungen bei älteren Menschen wesentlich häufiger anzutreffen sind als im jüngeren Lebensalter.

In der vorliegenden Untersuchung wurde die Prävalenz von ärztlichen Behandlungen aufgrund von Krebserkrankungen ausgewertet. Neben der Perioden-Prävalenz der Behandlungen wurden anamnestische Daten zur Lebenszeit-Prävalenz ausgewertet, die im ärztlichen Gespräch (geschultes Ärzteteam, standardisierte Bedingungen) erhoben wurden. Die Verlässlichkeit der Daten kann insgesamt als gut eingestuft werden.

Von den betrachteten Kontrollvariablen erwies sich nur das Alter erwartungsgemäß als signifikanter Einflussfaktor (positive Korrelation). Epidemiologische Untersuchungen, die den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm am Wohnort und der Häufigkeit von Krebserkrankungen untersuchten, liegen bisher nicht vor. Aufgrund der Entwicklungsmechanismen lässt sich die Hypothese für ein vermehrtes Auftreten von Krebserkrankungen bei stärker lärmbelasteten Personengruppen aufstellen.

Das relative Risiko für eine Krebsbehandlung zeigte bei der Perioden-Prävalenz keine signifikante Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel am Tage. Für Personen aus Wohnungen mit Außen-Schallpegeln über 60 dB(A) waren in der Stichprobe nur leicht erhöhte relative Risiken zu verzeichnen (OR = 1,4 für 60 dB(A); OR = 1,3 für 65 dB(A)).

Statistisch enger war der Zusammenhang zwischen Krebsbehandlungen und dem nächtlichen Dauerschallpegel. Für die nächtliche Geräuschbelastung wurde eine grenzwertig signifikante Risikoerhöhung (OR = 4,2;  $p = 0,073$ ) für Personen ermittelt, die außen an ihrer Wohnung einem Dauerschallpegel von über 55 dB(A) ausgesetzt waren. Wurden nur Probanden in die Analyse aufgenommen, die in den letzten zwei Jahren keinen Wohnungswechsel vollzogen hatten, so erhöhte sich das relative Risiko in der Pegelklasse über 55 dB(A) hypothesenkonform auf 7,8 und verfehlte nur knapp die statistische Signifikanz ( $p = 0,056$ ). Für eine eigenständige Analyse von solchen Personen, die angaben, überwiegend mit geöffnetem Fenster zu schlafen, lagen nicht genügend Fälle vor.

In den Auswertungen der Anamnesedaten zur Lebenszeit-Prävalenz von Krebsbehandlungen bestätigten sich die Befunde erhöhter relativer Risiken für Personen aus Wohnungen mit nächtlichen Dauerschallpegeln von mehr als 55 dB(A) (OR = 1,4). Allerdings wurde hier auch grenzwertig keine statistische Signifikanz erreicht, obwohl die Konfidenzintervalle (aufgrund größerer Anzahlen) wesentlich kleiner waren als bei den Auswertungen zur Perioden-Prävalenz. Zudem waren die relativen Risiken bei den Analysen um Größenordnungen kleiner als bei den Auswertungen zur Perioden-Prävalenz (7,8 versus 1,4), was eine quantitative Interpretation der Effekte erschwerte. Mit der Schallbelastung am Tage bestand kein nennenswerter Zusammenhang.

Die Perioden-Prävalenz von Krebsbehandlungen zeigte eine eindeutige Dosis-Wirkungs-Beziehung mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs. Mit zunehmenden Dauerschallpegeln ergaben sich monoton steigende relative Risiken. Die Dosis-Wirkungs-Beziehung blieb in einigen der betrachteten Teilstichproben stabil. Auch bei der Lebenszeit-Prävalenz bestand ein streng monotoner Anstieg mit dem nächtlichen Dauerschallpegel des Straßenverkehrs, allerdings bei insgesamt nur geringfügig erhöhten Risiken über 1.

Die Ergebnisse geben Anlass zu der Vermutung, dass das relative Risiko für ärztliche Krebsbehandlungen für Personen erhöht sein könnte, die in an ihrem Wohnort nächtlichen Dauerschallpegeln von mehr als 50 dB(A) ausgesetzt sind.

Bezüglich der subjektiv empfundenen Störung durch Straßenverkehrslärm war bei der Perioden-Prävalenz eine nicht signifikante aber auffällige Risikoerhöhung für Krebsbehandlungen bei Personen zu verzeichnen (OR = 1,7), die sich am Tage stark gestört fühlten. Allerdings war das Risiko für Personen nicht erhöht, die angaben sowohl durch Straßenverkehrslärm als auch durch Fluglärm stark gestört zu sein. Bezüglich der Störung



durch Straßenverkehrslärm in der Nacht war ein erhöhtes Risiko zu verzeichnen ( $OR = 1,4$ ), dass ebenfalls keine statistische Signifikanz erreichte.

Für die Lebenszeit-Prävalenz von Krebsbehandlungen ergaben sich keine erhöhten Risiken bei subjektiv stark gestörten Probanden. Auch waren die relativen Risiken für Personen nicht erhöht, die starke Störungen sowohl durch Straßenverkehrslärm als auch durch Fluglärm angaben.

Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass das relative Risiko für eine ärztliche Krebsbehandlung für Personen nicht erhöht ist, die sich an ihrem Wohnort durch Straßenverkehrslärm stark gestört fühlen.

Für Krebsbehandlungen zeigte sich weder bei der Perioden-Prävalenz noch bei der Lebenszeit-Prävalenz eine Abhängigkeit von den Fluglärmzonen. Bezüglich der Angabe einer starken Störung durch Fluglärm ergab bei der Perioden-Prävalenz ein leicht erhöhtes Risiko für die nächtliche Störung ( $OR = 1,5$ ), das aber statistisch nicht signifikant war.

Die Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass das relative Risiko für eine ärztliche Krebsbehandlung für Personen nicht erhöht ist, die an ihrem Wohnort Fluglärm ausgesetzt sind.

Bei den Ergebnissen ist aber zu beachten, dass der Verkehrslärm über die Verkehrsmenge mit der Luftqualität verknüpft ist. Ein hohes Verkehrsaufkommen ist sowohl mit einer hohen Geräuschbelastung als auch mit einer erhöhten Luftverunreinigung verbunden. Eine hohe Schadstoffbelastung der Außenluft kann das Lungenkrebsrisiko erhöhen. Als bedeutender Faktor wird hierbei der Dieselruß angesehen [Schweisfurth 2002]. Lungenkrebs ist in Deutschland die häufigste Krebserkrankung bei Männern. Bei Frauen liegt er an fünfter Stelle. Etwa ab dem vierzigsten Lebensjahr nimmt das Erkrankungsrisiko mit dem Alter deutlich zu. Das Lungenkrebsrisiko ist stark mit Tabakkonsum (Rauchen) verbunden. Für andere Krebsarten, z. B. Brustkrebs oder Darmkrebs, sind abweichende Risikomuster zu verzeichnen. Die Forschung geht davon aus, dass bis zu 30 Prozent der Darmkrebskrankungen auf Vererbung zurückgeführt werden können. In diesen Familien kommen gehäuft Darmpolypen und -tumore und / oder eine Reihe anderer Krebserkrankungen (Brust-, Gebärmutter-, Eierstock-, Magen-, Nieren-, Blasen-, Hirntumore) vor. Menschen aus diesen Familien haben bereits von Geburt an Veränderungen am Erbgut (Genmutationen), die sie für die Entwicklung von Darmkrebs disponieren. Ebenso stellt eine fettreiche und ballaststoffarme Ernährung einen bekannten Risikofaktor dar.

Eine abschließende Bewertung der Untersuchungsergebnisse zum Zusammenhang zwischen Krebsbehandlungen und Verkehrslärm ist demzufolge an eine Aufschlüsselung der Krebsarten gebunden, die z. Z. leider nicht vorliegt. Es könnte aber sein, dass die gefundenen Effekte zumindest teilweise mit der Geräuschbelastung verbunden sind. Darauf könnte auch die hohe Abhängigkeit von der nächtlichen Geräuschbelastung hindeuten. Karzinogene Belastungen aus den Innenräumen sind i.d.R. höher als die von außen eindringenden. Ein gesonderter Pathogenesemechanismus für Luftschadstoffe die in der Nacht emittiert werden, ist im Gegensatz zum nächtlichen Lärm (vgl. Kapitel 10.4), nicht bekannt. Der Beitrag des Verkehrslärms zum Krebsrisiko sowie die Rolle von Interaktionseffekten muss in weiteren epidemiologischen Studien geklärt werden.

## 10.5.4 Lärmstress und psychische Störungen

Psychische Störungen sind in ihrer Bedeutung nicht anders einzuordnen, als andere stressinduzierte Krankheiten. Ihnen sollte daher auch eine vergleichbare Aufmerksamkeit gewidmet werden. Die klinische Medizin orientiert sich überwiegend an organischen Defekten und nicht an den schon viel früher nachweisbaren funktionellen Störungen, die als psychosomatische Störungen oder neuerdings als somatoforme Störungen (ICD 10(F)) bezeichnet werden. Unter somatoformen Störungen werden verschiedene psychische Störungen wie Angst, Depressionen, Erschöpfungen, Schlafstörungen usw. zusammengefasst.

Im Grunde genommen charakterisiert der Begriff somatoforme Störungen ein multiples psychosomatisches Syndrom in das Franz [Franz et al. 1998] u. a. die folgenden Symptome einordnet:

- Undifferenziert-psychovegetative Beschwerden (z. B. somatoforme autonome Funktionsstörung)
- Schmerzstörungen
- Hypochondrie

Die Somatisierung psychischer Störungen beschreibt Henningsen [Henningsen 1998] wie folgt:

*„Patienten, die sich mit körperlichen Beschwerden (Schmerzen, Verdauungsstörungen, Schwindel und anderes) an den Arzt wenden, für die sich dann aber keine ausreichende organische Erklärung finden lässt, machen nicht nur in der ambulanten Versorgung 25-40 % aller Patienten aus; auch bei Untersuchungen stationärer Patienten, zum Beispiel in neurologischen Abteilungen, wurden Somatisierungen („funktionelle“, „psychosomatische“ Beschwerden, „psychische Überlagerung“) in bis zu 40 % der Fälle festgestellt. [...] Die Prävalenz psychischer Störungen ist bei Patienten mit organmedizinisch oder gar nicht erklärten Beschwerden um den Faktor 2,5-3 höher als bei Patienten mit erklärten Beschwerden.“*

Der objektive Nachweis funktioneller Störungen (ICD 10F) stellt insbesondere für den Allgemeinmediziner ein Problem dar, wodurch Fehldiagnosen bedingt sind. Nur 29 % der Depressiven werden richtig diagnostiziert, in 71 % der Fälle wurden Fehldiagnosen gestellt [Wittchen et al. 1999a, b]).

In der Spandauer Studie wurde die Häufigkeit von ärztlichen Behandlungen aufgrund von psychischen Störungen ausgewertet. Neben der Perioden-Prävalenz von ärztlichen Behandlungen wurden anamnestiche Daten zur Lebenszeit-Prävalenz ausgewertet, die ebenfalls im ärztlichen Gespräch (geschultes Ärzteteam, standardisierte Bedingungen) erhoben wurden. Die Verlässlichkeit der Daten kann insgesamt als gut eingestuft werden.

Der Zusammenhang zwischen Verkehrslärm am Wohnort und psychischen Störungen ist häufiger epidemiologisch untersucht worden [Jenkins 1981, Stansfeld et al. 1992, Vallet 1995]. Mit unterschiedlichen Erhebungsmethoden wurden z. B. Einweisungen in psychiatrische Kliniken erfasst und in Beziehung zur Lärmbelastung am Wohnort gesetzt.

Aus den Ergebnissen der vorliegenden Arbeiten ließ sich bei höher lärmbelasteten Untersuchungspersonen ein vermehrtes Auftreten von psychischen Störungen erwarten.

Im Spandauer Datensatz zeigte sich eine signifikante Abhängigkeit der psychischen Störungen vom Alter der Probanden, von ihrer Lärmempfindlichkeit, von der sportlichen Aktivität, vom Tabakkonsum und vom Verlust des Ehepartners. Mit zunehmendem Tabakkonsum, steigender Lärmempfindlichkeit und bei Verlust des Ehepartners war das Risiko für eine ärztliche Behandlung aufgrund psychischer Störungen erhöht. Ein höheres Alter und eine größere sportliche Aktivität erwiesen sich als präventive Faktoren. Diese Ergebnisse entsprechen dem allgemeinen Erkenntnisstand [Blumental 2001], wenn auch die Ursache-Wirkungs-Beziehungen nicht immer eindeutig sind.

Das relative Risiko für eine Behandlung aufgrund von psychischen Störungen zeigte bei der Perioden-Prävalenz keine signifikante Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel am Tage. Es war jedoch eine auffällige Erhöhung des relativen Risikos für Personen zu verzeichnen, die an ihrem Wohnort Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 65 dB(A) oder mehr ausgesetzt waren (OR = 2,4).

Deutlich enger war der Zusammenhang zwischen den ärztlichen Behandlungen psychischer Störungen und dem nächtlichen Dauerschallpegel. Für die nächtlichen Pegelklassen wurde ein signifikanter Zusammenhang zwar ebenfalls verfehlt, doch zeigten sich – in allen betrachteten Teilstichproben – monoton steigende relative Risiken mit zunehmender Straßenverkehrsgeräuschbelastung. Wurden nur Probanden in die Analyse aufgenommen, für die in den letzten zwei Jahren kein Wohnungswechsel zu verzeichnen war, so erhöhte sich das relative Risiko in der Pegelklasse über 55 dB(A) geringfügig von 1,8 auf 2,0, erreichte aber in keinem Fall die statistische Signifikanz.

Bei geöffnetem Schlafzimmerfenster erhöhte sich das ermittelte relative Risiko für eine ärztliche Behandlung aufgrund von psychischen Störungen hypothesengemäß für Personen mit Wohnungen mit Außenpegeln von mehr als 55 dB(A) auf 5,6, im Vergleich zu Probanden die mit geöffnetem Fenster schliefen und deren nächtlicher äquivalenter Dauerschallpegel vor dem Schlafzimmerfenster unter 50 dB(A) lag. Der Befund war statistisch nicht signifikant; aufgrund geringer Anzahlen waren die Konfidenzintervalle sehr groß. Die Ergebnisse unterstützten die Hypothese eines Zusammenhangs zwischen der nächtlichen Schallbelastung und der Prävalenz psychischer Störungen.

Auch die Auswertungen bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz deuten in die Richtung eines erhöhten relativen Risikos bei Probanden mit Wohnungen, die mit nächtlichen Dauerschallpegeln von mehr als 55 dB(A) belastet waren (OR = 1,8), ohne allerdings die statistische Signifikanz zu erreichen ( $p = 0,132$ ). Ebenso war für die Schallbelastung am Tage eine auffällige Erhöhung des relativen Risikos für Personen zu verzeichnen, die an ihrem Wohnort Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 65 dB(A) oder mehr ausgesetzt waren (OR = 1,8). Aber auch dieser Befund war statistisch nicht signifikant.

Für die Behandlung von psychischen Störungen zeigte sich in so gut wie allen durchgeführten Analysen eine eindeutige Dosis-Wirkungs-Beziehung mit den Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs. Mit zunehmenden Dauerschallpegeln ergaben sich monoton steigende relative Risiken.

Die Analysen lassen den Schluss zu, dass das relative Risiko für eine ärztliche Behandlung von psychischen Störungen für Personen erhöht sein könnte, die in an ihrem Wohnort nächtlichen Dauerschallpegeln über 50 dB(A) oder am Tage Dauerschallpegeln von über 60 dB(A) ausgesetzt sind.

Bezüglich der Angabe zur subjektiv empfundenen Störung durch Straßenverkehrslärm am Tage ergab sich bei der Perioden-Prävalenz von psychischen Störungen eine hoch signifikante Risikoerhöhung (OR = 2,7;  $p = 0,006$ ), die auch für die kombinierte Störung durch Flug- und Straßenverkehrslärm bestand (OR = 2,9;  $p = 0,005$ ). Bezüglich der Störung durch Straßenverkehrslärm in der Nacht war das errechnete Risiko dagegen geringer (OR = 1,5) und nicht signifikant. Nach diesen Ergebnissen spielen die Störungen durch Lärm am Tage bei den psychischen Störungen eine größere Rolle, als die Störungen in der Nacht. Bei dieser Interpretation ist aber zu bedenken, dass aufgrund der eingeschränkten Wahrnehmung in der Nachtzeit von einer Projektion der Störungen durch Lärm am Tage auf die Nachtzeit auszugehen ist. Diese Interpretation wird auch dadurch gestützt, dass die Angaben zu nächtlichen Störungen signifikant mit der Verkehrsgeräuschbelastung am Tage korreliert waren und nicht mit der Verkehrsgeräuschbelastung in der Nacht. Die gefundene Erhöhung des Risikos für psychische Störungen aufgrund subjektiv empfundener Störungen durch Straßenverkehr ist in Übereinstimmung mit der Arbeitshypothese als auch der klassischen Stresstheorie.

Für ärztliche Behandlungen im Laufe des Lebens (Lebenszeit-Prävalenz) ergab sich bezüglich der Störung durch Straßenverkehrslärm am Tage ein vergleichbares relatives Risiko (OR = 1,8;  $p = 0,033$ ), das für die kombinierte Störungen durch Flug- und Straßenverkehrslärm fiel gegenüber den Auswertungen zur Perioden-Prävalenz dagegen geringer aus (OR = 1,5;  $p = 0,xxx$ ). Für die Geräuschbelastung in der Nacht war kein beachtenswerter Zusammenhang mit der Lebenszeit-Prävalenz von psychischen Störungen zu verzeichnen.

Weder bei der Perioden-Prävalenz noch bei der Lebenszeit-Prävalenz zeigte sich eine nennenswerte Abhängigkeit der Behandlungen von psychischen Störungen von den Fluglärmmzonen. Bezüglich der subjektiven Störung durch Fluglärm am Tage war ein signifikant erhöhtes Risiko für stark gestörte Probanden (OR = 2,2;  $p = 0,027$ ) bei der Perioden-Prävalenz zu verzeichnen.

Nach den Ergebnissen dieser Studie ist ein erhöhtes Risiko für eine ärztliche Behandlung von psychischen Störungen in erster Linie von dem Erleben einer lärmbedingten Störung, und in zweiter Linie von der Schalllast am Tage abhängig. Die Analysen zeigen, dass das relative Risiko für eine ärztliche Behandlung von psychischen Störungen für Personen deutlich erhöht ist, die sich an ihrem Wohnort durch Straßenverkehrslärm stark gestört fühlen. Dabei ist zu bedenken, dass Personen mit psychischen Problemen dies sicherlich auch in die Beantwortung der Fragen zur lärmbedingten Störung einfließen ließen, in dem Querschnitts-Design der Studie also die Möglichkeit von Beantwortungs-Bias besteht. Es bleibt allgemein festzuhalten, dass für die Erhebung psychischer Störungen neue Ansätze sowie objektive Messmethoden notwendig sind.

### 10.5.5 Lärmstress und hormonelles System

Das pathogenetische Konzept, das psychobiologische Belastungen (z.B. Lärm) über den Weg zentralnervöser Erregung mit bekannten Risikofaktoren für Herz-Kreislauf-Erkrankungen verbindet, lehnt sich an bekannte Stressmodelle an. Zentrales Bindeglied sind die Aktivierungshormone der Nebenniere, die auch als Stresshormone bezeichnet werden und über das Hypothalamus-Hypophysen-System gesteuert werden. Der Hypothalamus veranlasst u. a. die Hirnanhangdrüse, durch Bildung des Hormons TRH (Thyreotropin-Releasing Hormon), das "Schilddrüsen-stimulierende" Hormon TSH vermehrt zu produzieren, welches die Synthese der Schilddrüsenhormone T3 und T4 fördert. T3 und T4 steigern den Energie- bzw. Grundumsatzes, da der Sauerstoffverbrauch und die Wärmeproduktion erhöht und bestimmte Enzyme des Stoffwechsels aktiviert werden.

Im Rahmen des SGT wurden die Probanden bei der ärztlichen Untersuchung gebeten, ihren Nachtharn zu sammeln und zwar immer von Montag zu Dienstag. Leider wurde nur eine Rücklaufquote von 12 % erreicht. Die geringe Anzahl der Proben bzw. ihre Verteilung über die Lärmkategorien erlaubte weder eine sinnvolle Analyse mit dem subjektiven Lärmerleben noch mit den Schallpegeln am Wohnort.

Neben Auswirkungen von Lärm auf die Ausschüttung von Cortisol wurde mit der Frage „Waren Sie seit der letzten Untersuchung (seit 2 Jahren) wegen einer Erkrankung der Schilddrüse in ärztlicher Behandlung“ auch der Zusammenhang zwischen Lärmbelastung und ärztlichen Schilddrüsenbehandlungen untersucht.

Zusätzlich zur Perioden-Prävalenz wurden auch die Behandlungen im Laufe des Lebens (Lebenszeit-Prävalenz) ausgewertet, die im ärztlichen Gespräch (gleiches Ärzteteam, standardisierte Bedingungen) erhoben wurden. Die Verlässlichkeit der Angaben zu den ärztlichen Behandlungen kann als gut eingestuft werden.

Epidemiologische Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Verkehrslärm am Wohnort und Schilddrüsenenerkrankungen liegen bisher nicht vor. Für den Vergleich zwischen mehr und weniger lärmbelasteten Untersuchungspersonen lässt sich aber aufgrund von Analogieschlüssen eine Verschiebung zu erhöhten Schilddrüsenenerkrankungen bei stärker exponierten Personen vermuten.

In den statistischen Analysen zeigte sich eine signifikante Abhängigkeit der Prävalenz von Schilddrüsenbehandlungen vom Alkoholkonsum, vom sozio-ökonomischen Index und vom Zeitpunkt der Untersuchung. Mit stärkerem Alkoholkonsum und höherem sozio-ökonomischen Index war das Risiko für Schilddrüsenbehandlungen verringert.

Das relative Risiko für eine Schilddrüsenbehandlung zeigte bei der Perioden-Prävalenz keine signifikante Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel des Straßenverkehrs am Tage. Es war jedoch in der Stichprobe eine Erhöhung des relativen Risikos für Personen zu verzeichnen, die an ihrem Wohnort Dauerschallpegeln des Straßenverkehrs von 60 dB(A) oder mehr ausgesetzt waren (OR = 1,5). Mit dem nächtlichen Dauerschallpegel war kein beachtenswerter Zusammenhang der Schilddrüsenbehandlungen zu verzeichnen.

Die Auswertung der Lebenszeit-Prävalenz lieferte ebenfalls keinen Hinweis auf erhöhte Risiken mit zunehmender Geräuschbelastung, weder für den Tag noch für die Nacht. Merkmale einer Dosis-Wirkungs-Beziehung waren nicht zu erkennen.

Die Analysen legen nahe, dass das relative Risiko für ärztliche Schilddrüsenbehandlungen durch städtischen Straßenverkehrslärm nicht erhöht ist.

Bezüglich der subjektiv empfundenen Störung durch Straßenverkehrslärm am Tage war nur ein schwacher Zusammenhang mit der Perioden-Prävalenz für Schilddrüsenbehandlungen zu verzeichnen. Bezüglich der Störung durch Straßenverkehrslärm in der Nacht war der Zusammenhang ebenfalls sehr gering, doch war eine grenzwertig signifikante Erhöhung des Risikos für Personen zu verzeichnen, die nächtliche Störungen sowohl für Straßenverkehrslärm als auch für Fluglärm angaben (OR = 2,0;  $p = 0,089$ ).

Die Auswertungen zur Lebenszeit-Prävalenz bestätigten diese Ergebnisse. Ein erhöhtes aber nicht signifikantes Risiko für eine Schilddrüsenbehandlung war auch hier nur für kombinierte Störungen durch Straßenverkehrslärm und Fluglärm zu verzeichnen.

Die Analysen legen nahe, dass das relative Risiko für eine ärztliche Schilddrüsenbehandlung durch Straßenverkehrslärm allein nicht erhöht wird.

Die Perioden-Prävalenz für Schilddrüsenbehandlungen zeigte hingegen eine deutliche Abhängigkeit von den Fluglärmzonen. Hier stieg das relative Risiko für Probanden mit Wohnungen in der Fluglärmzone 2 signifikant an ( $p = 0,017$ ) und erreichte einen Wert von OR = 3,8. Auch für die nächtliche Störung durch Fluglärm ergab sich ein erhöhtes Risiko (OR = 1,5) für stark gestörte Probanden, dass aber statistisch nicht signifikant war ( $p = 0,188$ ). Ein deutlich erhöhtes aber nicht signifikantes Risiko ergab sich für die Fluglärmzone 2 auch bei der Lebenszeit-Prävalenz (OR = 2,3). Bezüglich der Angabe nächtlicher Störungen durch den Fluglärm zeigte sich dagegen nur ein leicht erhöhtes Risiko (OR = 1,3), das nicht signifikant war. Das höchste Risiko war jeweils in der höchsten Belastungsklasse zu verzeichnen.

Die Analysen zeigen, dass das relative Risiko für eine ärztliche Schilddrüsenbehandlung für Personen erhöht ist, die in der Fluglärmzone 2 wohnen. Ein möglicher Zusammenhang mit der subjektiven Störung bleibt unklar.

## 10.6 Zusammenfassende Betrachtung (Synoptik)

Aufgrund der Vielzahl der getesteten Zusammenhänge sind „kausale Interpretationen“ der einzelnen Befunde nur bedingt möglich. Daher ist es hilfreich die diskutierten Krankheitsbilder bzw. Risikofaktoren nach einheitlichen Kriterien zu ordnen und in einer Ergebnisübersicht zusammenzufassen. Eine solche Übersicht ist den folgenden Tab. 10.1 und 10.2 zu entnehmen.

Als Ordnungskriterien wurden sowohl das Vorliegen einer statistischen Signifikanz der ermittelten relativen Risiken (in der Gesamtstichprobe) als auch Merkmale einer Dosis-

Wirkungs-Beziehung herangezogen. Ein signifikanter Befund lag dann vor, wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit für das Verwerfen der „Null-Hypothese“ (kein statistischer Zusammenhang) kleiner als 5 % war ( $p < 0.05$ ). Darüber hinaus wurden auch Ergebnisse gekennzeichnet, bei denen die Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner als 10 % war ( $p < 0.10$ ). Wenn der signifikante Effekt nicht in der höchsten Belastungskategorie auftrat, sondern in einer niedrigeren, ist dies in den Tabellen der synoptischen Darstellung durch Angabe der entsprechenden Pegelklasse vermerkt (z. B. „55-60“).

Als minimales Merkmal einer Dosis-Wirkungs-Beziehung wurde in den Tabellen ein schwarzes Dreieck im Klammern vermerkt [(▲)], wenn in der Gesamtstichprobe bei Probanden der höchsten Belastungsklasse (Pegelklasse) das höchste relative Risiko zu verzeichnen war (unabhängig von der Signifikanz). Als höherwertiges Merkmal für das mögliche Vorliegen einer Dosis-Wirkungs-Beziehung wurde das Vorliegen erhöhter Risiken bei Probanden aller höheren (gegenüber der Referenzgruppe) Belastungskategorien gewertet (unabhängig von der Signifikanz der Einzelbefunde). Dies ist in den Tabellen durch ein schwarzes Dreieck gekennzeichnet [▲]. Das strengste Merkmal für das mögliche Vorliegen einer Dosis-Wirkungs-Beziehung stellte ein streng monoton mit den Belastungsklassen (Pegelklassen) ansteigender Anstieg der Schätzer für das relative Risiko dar, was in den Tabellen durch zwei schwarze Dreiecke gekennzeichnet wurde [▲▲]. Es sei darauf hingewiesen, dass außer der erfolgten Signifikanzprüfung alle Dosis-Wirkungs-Bewertungen visuell-qualitativer Natur sind, d. h., dass keine Signifikanzprüfungen von Trendanalysen erfolgten. Grundsätzlich wurden nur Effektschätzer für das relative Risiko größer als 1.3 für diese Dosis-Wirkungs-Einstufungen herangezogen. Ebenso mussten für mindestens drei (numerische oder ordinale) Expositionskategorien Schätzwerte für das relative Risiko vorliegen.

Als zusätzliche Merkmale im Hinblick auf die Kausalitätsdiskussion wurde in der synoptischen Betrachtung indiziert, ob sich im Vergleich zu den Analysen in der Gesamtgruppe merklich ( $>10\%$ ) höhere relativen Risiken zeigten, wenn zum einen nur Personen analysiert wurden, für die in den letzten zwei Jahren kein Adressenwechsel vorlag, und zum anderen nur Personen betrachtet wurden, die bei geöffnetem Schlafzimmerfenster schliefen. Da in beiden Fällen die Lärmdosis bzw. -exposition höher ist, wären bei Zutreffen der Lärmwirkungshypothese stärkere Lärmeffekte zu erwarten. Ersteres (kein Umzug) ist in der Tabelle durch ein Pluszeichen (+) gekennzeichnet, zweites (geöffnetes Fenster) durch einen Stern (\*).

Bei den Effekten lärmbedingter Störungen wurde zwischen Störungen aufgrund von Fluglärm und von Straßenverkehrslärm unterschieden. Sofern, unabhängig von der statistischen Signifikanz, Merkmalen einer (ordinalen) Dosis-Wirkungs-Beziehung zu erkennen waren (stärkerer Effekt bei starker Störung durch beide Schallquellen als bei Störung durch nur eine), wurde durch die Buchstaben **F** (für Fluglärm) und **S** (für Straßenverkehrslärm) gekennzeichnet, um welche Lärmquelle es sich handelte.

Tab. 10.1 Zusammengefasste Ergebnisse. Adjustiert für: „Lebensalter“, „Geschlecht“, „Alkoholkonsum“, „Tabakkonsum“, „Bewegung im Beruf“, „Sportliche Aktivität“, „Body Mass Index“, „Sozio-ökonomischer Index“, „Partnerverlust in der Ehe“, „Hörfähigkeit“, „Lärmempfindlichkeit“ und „Jahreszeit der Untersuchung“.

Behandlungen aufgrund von:	Herz-Kreislaufsystem				Immunsystem			
	Hypertonie	Angina pectoris	Herzinfarkt	Migräne	Chronische Bronchitis	Asthma	Krebser- krankungen	Allergie- neigung
Straßenverkehr Pegelklassen (tags)	P n. s. (▲)	▲ n. s.	— n. s.	— n. s.	▲ (sig.) 55-60	— n. s.	— n. s.	— n. s. (▲)
	L n. s. (▲)	— n. s.	(▲) n. s.	— n. s.	sig. 60-65	▲ n. s.	— n. s.	—
Straßenverkehr Pegelklassen (nachts)	P sig. ▲▲★	▲ n. s.	— n. s.	▲★ n. s.	— n. s.	— n. s.	▲▲ n. s. +	— n. s.
	L sig. ▲▲	▲▲ n. s.	▲ n. s.	▲ (sig.)	— n. s.	sig. (▲) n. s.	(▲) n. s.	—
Fluglärmmzonen	P n. s. (▲)	— n. s.	— n. s.	— n. s.	(▲) n. s.	— n. s.	— n. s.	— n. s.
	L n. s. (▲)	— n. s.	— n. s.	— n. s.	(▲) n. s.	— n. s.	— n. s.	—
Subjektive Störung durch Lärm (tags)	P n. s. —	— n. s.	— n. s.	S sig.	— n. s.	— n. s.	— n. s.	— n. s.
	L n. s. —	— n. s.	▲▲ n. s.	— n. s.	(▲) n. s.	— n. s.	— n. s.	—
Subjektive Störung durch Lärm (nachts)	P n. s. —	— n. s.	— n. s.	F (sig.)	— n. s.	— n. s.	— n. s.	— n. s.
	L n. s. —	— n. s.	— n. s.	— n. s.	— n. s.	— n. s.	— n. s.	—

P = Perioden-Prävalenz von Behandlung; L = Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen;

n. s. = nicht signifikant; sig. = signifikant ( $\alpha \leq 0.05$ ); (sig.) = grenzwertig signifikant ( $\alpha \leq 0.1$ );

— = keine besondere Auffälligkeit; (▲) = größtes OR bei höchster Belastung; ▲ = erhöhtes OR bei allen höheren Belastungsgruppen; ▲▲ = streng monoton ansteigende Dosis-Wirkungs-Beziehung; + = größerer Lärmefekt bei Probanden ohne Umzug; ★ = größerer Lärmefekt bei Probanden, die bei geöffnetem Fenster schliefen

F = erhöhtes Risiko bei stark durch Fluglärm gestörte Probanden; S = erhöhtes Risiko bei stark durch Straßenverkehrslärm gestörte Probanden



Tab. 10.2 Zusammengefasste Ergebnisse. Adjustiert für: „Lebensalter“, „Geschlecht“, „Alkoholkonsum“, „Tabakkonsum“, „Bewegung im Beruf“, „Sportliche Aktivität“, „Body Mass Index“, „Sozio-ökonomischer Index“, „Partnerverlust in der Ehe“, „Hörfähigkeit“, „Lärmempfindlichkeit“ und „Jahreszeit der Untersuchung“.

Behandlungen aufgrund von:	Stoffwechsel		Hormone	Psyche				
	Diabetes (o. Insulin)	Erhöhte Blutfette						
Straßenverkehr Pegelklassen (tags)	P n. s.	(▲)	n. s.	(▲)				
	L n. s.	—	n. s.	▲▲				
Straßenverkehr Pegelklassen (nachts)	P n. s.	—	n. s.	▲▲ +★				
	L n. s.	(sig.) ▲▲	n. s.	▲▲				
Fluglärmmzonen	P n. s.	—	(sig.)	—				
	L n. s.	—	(sig.) (▲)	—				
Subjektive Störung durch Lärm (tags)	P n. s.	—	n. s.	▲▲ S F				
	L n. s.	—	n. s.	S				
Subjektive Störung durch Lärm (nachts)	P n. s.	—	(sig.) ▲▲ F	▲ S F				
	L n. s.	—	n. s.	—				

P = Perioden-Prävalenz von Behandlung; L = Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen;

n. s. = nicht signifikant; sig. = signifikant ( $\alpha \leq 0.05$ ); (sig.) = grenzwertig signifikant ( $\alpha \leq 0.1$ );

— = keine besondere Auffälligkeit; (▲) = größtes OR bei höchster Belastung; ▲ = erhöhtes OR bei allen höheren Belastungsgruppen; ▲▲ = streng monoton ansteigende

Dosis-Wirkungs-Beziehung; + = größerer Lärmefekt bei Probanden ohne Umzug; ★ = größerer Lärmefekt bei Probanden, die bei geöffnetem Fenster schliefen

F = erhöhtes Risiko bei stark durch Fluglärm gestörte Probanden; S = erhöhtes Risiko bei stark durch Straßenverkehrslärm gestörte Probanden

## 10.7 Globale Diskussion der Ergebnisse

Die Zusammenfassung der Ergebnisse zeigt, dass im 9. Durchgang des Spandauer Gesundheits-Survey Zusammenhänge zwischen Beeinträchtigungen des Herz-Kreislaufsystems, des Immunsystems, des Stoffwechsels sowie psychischer Störungen und dem nächtlichen äquivalenten Dauerschallpegel am Wohnort der Probanden (22:00–6:00 Uhr) bestanden. Der äquivalente Dauerschallpegel am Tage (6:00–22:00 Uhr) wies dagegen deutlich geringere statistische Zusammenhänge mit den untersuchten gesundheitlichen Endpunkten auf.

Dieser Befund (Abhängigkeit von der Tageszeit) ist nach den Ergebnissen experimenteller Studien nicht unerwartet und psychobiologisch plausibel (vgl. Kapitel 4). So ist die Empfindlichkeit des menschlichen Organismus gegenüber Lärm in der Nacht deutlich höher als am Tage (zirkadianer Rhythmus), und die Mobilität der Probanden ist in der Nacht stark eingeschränkt. Die überwiegende Mehrheit der Probanden schlief in der eigenen Wohnung. Am Tage ist dagegen von sehr unterschiedlichen Aktivitätsprofilen auszugehen. Vor diesem Hintergrund ist die unabhängige Erhebung der nächtlichen Geräuschbelastung im Hinblick auf gesundheitliche Risiken in Lärmwirkungsstudien nicht nur sinnvoll, sondern zu fordern. Die vorliegende Untersuchung ist unseres Wissens die weltweit erste epidemiologische Studie, die unabhängig von der Schallbelastung am Tage auch die Schallbelastung in der Nacht als Risikofaktor für Erkrankungen unter Dosis-Wirkungs-Gesichtspunkten untersuchte.

Ein zweiter wesentlicher Beitrag der Studie zum wissenschaftlichen Kenntnisstand besteht in dem direkten Vergleich zwischen der objektiven Schallbelastung (äquivalente Dauerschallpegel) und der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm, im Hinblick auf gesundheitliche Beeinträchtigungen. Die subjektiv empfundene Störung durch Lärm zeigte insgesamt wesentlich schwächere Zusammenhänge mit den Prävalenzen ärztlicher Behandlungen als der nächtliche Schallpegel am Wohnort. Nach den Ergebnissen der Studie könnte die subjektive Bewertung des Lärms mit der Entstehung von Herzinfarkten, Migräne, Schilddrüsenerkrankungen sowie der Entwicklung psychischer Störungen in Verbindung stehen.

Für andere in der Studie betrachtete Wirkungsendpunkte (Bluthochdruck, Angina pectoris, Asthma und erhöhte Blutfette) scheint die subjektive Bewertung des Lärms dagegen ohne Bedeutung zu sein. Die Prävalenzen ärztlicher Behandlungen aufgrund dieser Erkrankungen waren eher mit der objektiven nächtlichen Geräuschbelastung assoziiert.

Wird die subjektiv empfundene Störung durch Lärm näher betrachtet, so zeigt sich, dass die lärmbedingte subjektive Störung am Tage häufig stärker mit den gesundheitlichen Endpunkten, insbesondere mit den psychischen Störungen, verbunden war, als die erfragte subjektive Störung in der Nacht.

Dieses Ergebnis ist plausibel. Die Nachtzeit (22:00–6:00 Uhr) wird zum großen Teil im Schlaf verbracht. Im Schlaf ist das Wachbewusstsein eingeschränkt oder erloschen, so dass die Angaben zur subjektiv empfundenen Störung durch nächtlichen Lärm nur aus solchen Nachtzeiten stammen können, in denen noch nicht, oder nicht mehr geschlafen wurde. Aus

dieser schwierigen Urteilsbildung heraus ist eine Projektion der Störungen durch Lärm in der Nacht auf die wahrgenommene Schallbelastung am Tage naheliegend.

Ein dritter Aspekt betrifft den Vergleich zwischen Straßenverkehrslärm und Fluglärm hinsichtlich der Zusammenhänge mit den gesundheitlichen Beeinträchtigungen. Die Untersuchung lässt – bei globaler Betrachtung der Ergebnisse – auf eine stärkere gesundheitliche Beeinträchtigung durch Straßenverkehrslärm schließen. Diese Schlussfolgerung kann jedoch, bei genauerer Betrachtung nicht aufrecht erhalten werden. Die Fluglärmbelastung konnte nicht – wie beim Straßenverkehr – für jede Wohnadresse aus dem aktuellen Verkehrsaufkommen berechnet und in vergleichbaren Pegelkategorien klassifiziert werden, sondern wurde anhand der 1976 (1984) bestimmten Fluglärmzonen in die statistischen Analysen aufgenommen. Insofern sind direkte quantitative Vergleiche nicht möglich. Zusätzlich ist zu bedenken, dass die überwiegend in Spandau wohnende Kohorte mit dem Fluglärm des Flughafens Berlin-Tegel belastet war. Für diesen Flughafen besteht eine besondere Nachtflugregelung, die von 22:00 bis 5:00 Uhr keine planmäßigen Starts und Landungen zulässt. Ausgenommen von dieser Regelung sind verspätete Flüge planmäßiger Maschinen bis 23:00 Uhr. Die nächtliche Fluglärmbelastung in Spandau ist demzufolge als eher moderat einzustufen.

Ein qualitativer Vergleich der Effekte zwischen Straßenverkehrslärm und Fluglärm sollte vor diesem Hintergrund nur mit dem Straßenverkehrslärm am Tage erfolgen. Dabei deuteten sich ähnliche Zusammenhänge bei den Prävalenzen von Hypertonie und chronischer Bronchitis an. Darüber hinaus waren Zusammenhänge zwischen den Fluglärmzonen und der Prävalenz von Schilddrüsenerkrankungen erkennbar.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zu Herz-Kreislaufwirkungen durch langfristige Straßenverkehrslärmbelastung stehen qualitativ und auch quantitativ im Einklang mit den Ergebnissen anderer epidemiologischer Verkehrslärmstudien. Demnach muss von einem höheren Herz-Kreislaufisiko bei Personen aus stärker lärmbelasteten Wohngebieten ausgegangen werden. Hinsichtlich der Beurteilung gesundheitlicher Wirkungen von Fluglärm besteht weiterhin großer Forschungsbedarf. Notwendig wären epidemiologische Studien, die zwischen der Fluglärmbelastung am Tag und in der Nacht differenzieren und darüber hinaus andere Umweltlärmquellen, vornehmlich den Straßenverkehrslärm, mit berücksichtigen. Die Ergebnisse des Spandauer Gesundheits-Survey zum Straßenverkehrslärm legen die Vermutung nahe, dass die nächtliche Lärmbelastung eine wesentlich stärkere Rolle für die Entwicklung gesundheitlicher Beeinträchtigungen spielt als die am Tag.



# 11 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 2.1	Karte der cytoarchitektonischen Felder des menschlichen Neokortex nach Brodman. Die verschiedenen Felder (Brodman-Areale) sind mit ihrer Nummerierung eingezeichnet und mit Funktionsrepräsentation bezeichnet (nach Schandry 1998, S. 35) A = Außenansicht; B = Innenansicht (zwischen den beiden Hirnhälften).....	22
Abb. 2.2	Schematische Darstellung des limbischen Systems mit angrenzenden Hirnarealen (nach Schandry 1998, S. 33).....	23
Abb. 2.3	Kerngruppen des Hypothalamus mit einigen ihrer Funktionen (Medianschnitt) C.a. = Commissura anterior; E = Epiphyse; F = Fornix; H = Hypophyse III = Nervus oculomotorius; IV = Ventrikel (nach Schandry 1998, S. 32).....	24
Abb. 2.4	Lokalisation und Verbindungen der Formatio reticularis im Gehirn (nach Schandry 1998, S. 28).....	25
Abb. 2.5	Schema des vegetativen Systems mit der Innervation der Organe durch das sympathische (dicke Linien) und parasympathische (dünne Linien) Nervensystem. Ganglien sind Nervenzellanhäufungen. Präganglionäre Nervenzellen sind durchgehend, postganglionäre gestrichelt gezeichnet (nach Schandry 1998, S. 41).....	26
Abb. 2.6	Funktionelle Struktur des psychoneurovegetativen Regulationssystems. a = vertikal akzentuierte Funktionsstruktur b = horizontal betonte Funktionsstruktur (nach Zwiener und Langhorst 1993, S. 996).....	27
Abb. 3.1	Regulatorische Reiz-Reaktions-Beziehung.....	30
Abb. 3.2	Schematische Darstellung der Verbindung zwischen vegetativem Nervensystem und Mastzellen [Michel 1994].....	35
Abb. 4.1	Schematische Darstellung des vegetativen Nervensystems und seiner funktionellen Anteile Nervus Sympathikus und Nervus Vagus (= Parasympathikus). (Quelle: Adams 1998).....	38
Abb. 4.2	Der vegetative Dreitakt des Stresses nach Siedeck: Bei gehäuften und verstärktem Stressoreinfluss kann die Erholungsphase aufgehoben werden (Quelle: Siedeck 1955) .....	39
Abb. 4.3	Veränderung des vegetativen Dreitakts des Stresses in Abhängigkeit von den extremen vegetativen Reaktionslagen (Sympathikotonus und Vagotonus) (Quelle: Siedeck 1955) .....	40
Abb. 4.4	Erkrankungen, die dominierend bei Vagotonikern unter permanentem Disstress entstehen können (Quelle: Seefeld 1989) .....	40
Abb. 4.5	Erkrankungen, die dominierend bei Sympathikotonikern unter permanentem Disstress entstehen können (Quelle: Seefeld 1989) .....	41
Abb. 4.6	Schematische Darstellung des endokrinen Systems (Quelle: nach Bartels 1987).....	42
Abb. 4.7	Schematische Darstellung der Struktur des neuro-psycho-Immunsystems (Quelle: Schedlowski 1996a).....	44
Abb. 4.8	Die wichtigsten Organe des Immunsystems (Quelle: Schedlowski 1996a).....	44
Abb. 4.9	Herzfrequenz (A) und Höhe von Cortisol (B), Adrenalin (C) und Noradrenalin (D) vor, während und nach einem Sprung in 10-Minuten Intervallen von 120 Minuten vor bis 60 Minuten nach dem Sprung (Schedlowski et al. 1993) .....	47

Abb. 4.10	Typisches Schlafzyklogramm eines jungen, gesunden Schläfers und nächtlicher Verlauf der Plasma-Cortisolkonzentration sowie der Wachstumshormone (HG). Die gestrichelten Kästchen markieren die REM-Schlafzeiten (Quelle: nach Born et al. 2000).....	48
Abb. 4.11	Cortisolausscheidung bei unterschiedlicher nächtlicher Verkehrslärmbelastung. Nächtliche Mittelwerte über jeweils 2-5 Tage, umgerechnet auf eine 24-Stunden Ausscheidung (Maschke et al. 1998). ....	50
Abb. 4.12	Unterschiedliche Adaptationstypen an nächtlichen Fluglärm (Quelle: Harder 1998).....	52
Abb. 4.13	Physiologisches Monitoring unter simulierter Raumfahrt-Bedingung (Quelle: nach Larina et al. 1997) .....	53
Abb. 4.14	Häufigkeit der jahresrhythmischen Maxima und Minima verschiedener Funktionen zusammengefasst unter vegetativer Funktionsrichtung (Hildebrandt 1962a, 1962b) .....	58
Abb. 4.15	Verstärktes Auftreten der chronischen Schmerzen zu den einzelnen Jahreszeiten (Erdmann 2001) .....	59
Abb. 4.16	In der Literatur beschriebene pathophysiologische Auswirkungen und Erkrankungen durch Lärmstress .....	60
Abb. 4.17	Chronischer Stress und Lebensweise (modifiziert nach [Hauner 1994]) .....	37
Abb. 6.1	Relative Häufigkeit der Wiederholer im Spandauer Gesundheits-Survey (9. Durchgang). ....	68
Abb. 6.2	9. Durchgang des SGS und Arbeitsstichprobe .....	68
Abb. 6.3	Geschlechtsverteilung der Probanden .....	69
Abb. 6.4	Altersverteilung der Probanden.....	69
Abb. 6.5	Allgemeinbildender Schulabschluss der Probanden .....	70
Abb. 6.6	Berufsausbildung der Probanden .....	71
Abb. 6.7	Familienstand der Probanden, die den Lärmfragebogen ausfüllten .....	72
Abb. 6.8	Alkoholkonsum .....	73
Abb. 6.9	Tabakkonsum .....	74
Abb. 6.10	Beurteilung des eigenen Gesundheitszustand .....	75
Abb. 6.11	Achten auf den Gesundheitszustand .....	75
Abb. 6.12	Regelmäßige wöchentliche sportliche Aktivität.....	76
Abb. 6.13	Vorwiegende Körperhaltung im Beruf.....	77
Abb. 6.14	Sozio-ökonomischer Index für die Arbeitsstichprobe.....	79
Abb. 7.1	Kartenausschnitt der Projektdatenbank für die Adresse Seehofstr. 1 (Deckt sich nicht mit der Adresse eines Probanden). ....	82
Abb. 7.2	Lage der Wohnräume und Schlafräume zur angegebenen lärmbelasteten Straße.....	82
Abb. 7.3	Prognose für die Geräuschemission am Objekt Seehofstr. 1 (CADNA A) aufgrund des Straßenverkehrs auf der Bundesstraße 1 (vgl. Abbildung 1).....	84
Abb. 7.4	Häufigkeitsverteilung der Immissionspegel am Tage (Straßenverkehr) .....	86
Abb. 7.5	Häufigkeitsverteilung der Immissionspegel in der Nacht (Straßenverkehr) .....	87
Abb. 7.6	Pegeldifferenzen in der Schallbelastung durch Straßenverkehr. Beurteilungspegel von 1993 minus der aktuellen Schallbelastung .....	88
Abb. 7.7	Pegeldifferenzen in der Schallbelastung durch Straßenverkehr. Beurteilungspegel von 1980 minus der aktuellen Schallbelastung. ....	89
Abb. 7.8	Relative Häufigkeit der Fluglärmzonen .....	90

Abb. 7.9	Störung durch Fluglärm von „nicht gestört“ bis „sehr gestört“ .....	92
Abb. 7.10	Störung durch Straßenverkehrslärm von „nicht gestört“ bis „sehr gestört“ .....	92
Abb. 7.11	Ausmaß der Störung durch Industrie- bzw. Gewerbelärm.....	93
Abb. 7.12	Ausmaß der Störung durch Schienenlärm .....	93
Abb. 7.13	Kumulierte Häufigkeit des Einzugsjahres der derzeitigen Wohnung .....	94
Abb. 7.14	Übliches Fensteröffnungsverhalten im Wohnraum und beim Schlaf. ....	95
Abb. 7.15	Hörschaden und Hörgerätenutzung.....	95
Abb. 7.16	Diskrete Verteilung des Lärmempfindlichkeitsindex .....	96
Abb. 9.1	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (Gesamtstichprobe).....	107
Abb. 9.2	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen) .....	108
Abb. 9.3	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	109
Abb. 9.4	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen).....	110
Abb. 9.5	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (alle Probanden die seit dem letzten Untersuchungsdurchgang (2 Jahre) nicht umgezogen waren) .....	111
Abb. 9.6	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit von Bluthochdruckbehandlungen vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Probanden die seit dem letzten Untersuchungsdurchgang (2 Jahre) nicht umgezogen waren und an einer verkehrsgezählten Straße wohnten) .....	112
Abb. 9.7	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Probanden, die angaben, überwiegend mit geöffnetem Fenster zu schlafen) .....	113
Abb. 9.8	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Probanden, die an einer verkehrsgezählten Straße wohnten und angaben, mit geöffnetem Fenster zu schlafen).....	114
Abb. 9.9	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit von den Fluglärmzonen (Gesamtstichprobe).....	115
Abb. 9.10	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe) .....	116
Abb. 9.11	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe).....	117

Abb. 9.12	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (Gesamtstichprobe).....	118
Abb. 9.13	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen).....	119
Abb. 9.14	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	120
Abb. 9.15	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen) .....	121
Abb. 9.16	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe).....	122
Abb. 9.17	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Lebenszeit-Prävalenz) .....	123
Abb. 9.18	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Bluthochdruckbehandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe).....	124
Abb. 9.19	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (Gesamtstichprobe).....	126
Abb. 9.20	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen).....	127
Abb. 9.21	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	128
Abb. 9.22	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen) .....	129
Abb. 9.23	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (alle Probanden die seit dem letzten Untersuchungsdurchgang (2 Jahre) nicht umgezogen waren).....	130
Abb. 9.24	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Probanden die seit dem letzten Untersuchungsdurchgang (2 Jahre) nicht umgezogen waren und an einer verkehrsgezählten Straße wohnten) .....	130
Abb. 9.25	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (Gesamtstichprobe).....	131
Abb. 9.26	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe).....	132
Abb. 9.27	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	133



Abb. 9.28	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (Gesamtstichprobe).....	135
Abb. 9.29	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen) .....	135
Abb. 9.30	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	136
Abb. 9.31	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen).....	137
Abb. 9.32	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe).....	138
Abb. 9.33	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe) .....	139
Abb. 9.34	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Angina pectoris-Behandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe).....	140
Abb. 9.35	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (Gesamtstichprobe).....	141
Abb. 9.36	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen).....	142
Abb. 9.37	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	143
Abb. 9.38	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen) .....	143
Abb. 9.39	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (Gesamtstichprobe).....	144
Abb. 9.40	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe).....	145
Abb. 9.41	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	146
Abb. 9.42	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (Gesamtstichprobe).....	148
Abb. 9.43	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen).....	149

Abb. 9.44	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe).....	150
Abb. 9.45	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr Nacht (verkehrsgezählte Straßen) .....	151
Abb. 9.46	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe).....	152
Abb. 9.47	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe).....	153
Abb. 9.48	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Herzinfarkt-Behandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe).....	154
Abb. 9.49	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (Gesamtstichprobe).....	155
Abb. 9.50	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen).....	156
Abb. 9.51	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	157
Abb. 9.52	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen) .....	158
Abb. 9.53	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (kein Umzug).....	159
Abb. 9.54	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen; kein Umzug) .....	160
Abb. 9.55	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (geöffnetes Schlafzimmerfenster) .....	161
Abb. 9.56	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen) .....	162
Abb. 9.57	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe).....	163
Abb. 9.58	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe).....	164
Abb. 9.59	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	165

Abb. 9.60	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (Gesamtstichprobe).....	167
Abb. 9.61	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen) .....	167
Abb. 9.62	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	168
Abb. 9.63	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen).....	169
Abb. 9.64	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe).....	170
Abb. 9.65	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe) .....	171
Abb. 9.66	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Migränebehandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe).....	172
Abb. 9.67	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit von der Schallwahrnehmung am Tag (Gesamtstichprobe).....	173
Abb. 9.68	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen) .....	174
Abb. 9.69	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Kovariation mit der Schallbelastung in der Nacht (Gesamtstichprobe).....	175
Abb. 9.70	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen).....	176
Abb. 9.71	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe).....	177
Abb. 9.72	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe) .....	178
Abb. 9.73	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe).....	179
Abb. 9.74	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit von der Schallbelastung am Tag (Gesamtstichprobe).....	180
Abb. 9.75	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen) .....	181

Abb. 9.76	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	182
Abb. 9.77	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen) .....	182
Abb. 9.78	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe) .....	183
Abb. 9.79	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe) .....	184
Abb. 9.80	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Diabetes mellitus-Behandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	185
Abb. 9.81	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der Schallwahrnehmung am Tag (Gesamtstichprobe) .....	187
Abb. 9.82	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen) .....	188
Abb. 9.83	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der Schallbelastung in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	189
Abb. 9.84	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen) .....	190
Abb. 9.85	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (kein Umzug) .....	191
Abb. 9.86	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen; kein Umzug) .....	192
Abb. 9.87	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (geöffnetes Schlafzimmerfenster) .....	193
Abb. 9.88	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen; Fenster offen) .....	194
Abb. 9.89	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe) .....	195
Abb. 9.90	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe) .....	196
Abb. 9.91	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	197

Abb. 9.92	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der Schallbelastung am Tag (Gesamtstichprobe).....	198
Abb. 9.93	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen).....	199
Abb. 9.94	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	200
Abb. 9.95	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen) .....	201
Abb. 9.96	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe).....	202
Abb. 9.97	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe).....	203
Abb. 9.98	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	204
Abb. 9.99	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der Schallwahrnehmung am Tag (Gesamtstichprobe).....	205
Abb. 9.100	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen; Fenster offen).....	206
Abb. 9.101	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der Schallbelastung in der Nacht (Gesamtstichprobe).....	207
Abb. 9.102	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen).....	208
Abb. 9.103	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe).....	209
Abb. 9.104	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe) .....	210
Abb. 9.105	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe).....	211
Abb. 9.106	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der Schallbelastung am Tag (Gesamtstichprobe).....	212
Abb. 9.107	Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen).....	213

Abb. 9.108 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe).....	214
Abb. 9.109 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen) .....	214
Abb. 9.110 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe) .....	215
Abb. 9.111 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe) .....	216
Abb. 9.112 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe).....	217
Abb. 9.113 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit von der Schallwahrnehmung am Tag (Gesamtstichprobe) .....	219
Abb. 9.114 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen; Fenster offen) .....	219
Abb. 9.115 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit von der Schallbelastung in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	220
Abb. 9.116 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen) .....	221
Abb. 9.117 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe) .....	222
Abb. 9.118 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe).....	223
Abb. 9.119 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	224
Abb. 9.120 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit von der Schallbelastung am Tag (Gesamtstichprobe) .....	225
Abb. 9.121 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen) .....	226
Abb. 9.122 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe).....	227
Abb. 9.123 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen) .....	228

Abb. 9.124 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe).....	229
Abb. 9.125 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe) .....	230
Abb. 9.126 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Lungen-/Bronchialasthma in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	231
Abb. 9.127 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der Schallwahrnehmung am Tag (Gesamtstichprobe).....	232
Abb. 9.128 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen) .....	233
Abb. 9.129 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der Schallbelastung in der Nacht (Gesamtstichprobe).....	234
Abb. 9.130 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen).....	235
Abb. 9.131 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (kein Umzug) .....	236
Abb. 9.132 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen; kein Umzug) .....	237
Abb. 9.133 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe) .....	238
Abb. 9.134 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe) .....	239
Abb. 9.135 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe).....	240
Abb. 9.136 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der Schallbelastung am Tag (Gesamtstichprobe).....	241
Abb. 9.137 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen).....	242
Abb. 9.138 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	243
Abb. 9.139 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen) .....	244

Abb. 9.140 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe) .....	245
Abb. 9.141 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe) .....	246
Abb. 9.142 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	247
Abb. 9.143 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Allergieneigung in Abhängigkeit von der Schallwahrnehmung am Tag (Gesamtstichprobe) .....	248
Abb. 9.144 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Allergieneigung in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen).....	249
Abb. 9.145 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Allergieneigung in Abhängigkeit von der Schallbelastung in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	250
Abb. 9.146 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Allergieneigung in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen) .....	250
Abb. 9.147 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Allergieneigung in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe) .....	251
Abb. 9.148 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Allergieneigung in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe) .....	252
Abb. 9.149 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Allergieneigung in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe).....	253
Abb. 9.150 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (Gesamtstichprobe).....	255
Abb. 9.151 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen).....	256
Abb. 9.152 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit von der Schallbelastung in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	257
Abb. 9.153 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen) .....	258
Abb. 9.154 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (kein Umzug).....	259
Abb. 9.155 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen; kein Umzug) .....	260



Abb. 9.156 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (geöffnetes Schlafzimmerfenster) .....	261
Abb. 9.157 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen) .....	262
Abb. 9.158 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe).....	263
Abb. 9.159 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe) .....	264
Abb. 9.160 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe, Referenzgruppe: „nicht gestört“).....	265
Abb. 9.161 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe).....	266
Abb. 9.162 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit von der Schallbelastung am Tag (Gesamtstichprobe) .....	267
Abb. 9.163 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen) .....	268
Abb. 9.164 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	269
Abb. 9.165 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen) .....	270
Abb. 9.166 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe).....	271
Abb. 9.167 Odds-Ratios in Abhängigkeit für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe).....	272
Abb. 9.168 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Referenzgruppe: „nicht gestört“ ) .....	273
Abb. 9.169 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen psychischer Störungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	274
Abb. 9.170 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der Schallwahrnehmung am Tag (Gesamtstichprobe).....	276
Abb. 9.171 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen) .....	277

Abb. 9.172 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der Schallbelastung in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	278
Abb. 9.173 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der Schallbelastung in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen) .....	278
Abb. 9.174 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe) .....	279
Abb. 9.175 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe) .....	280
Abb. 9.176 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Perioden-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	281
Abb. 9.177 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der Schallbelastung am Tag (Gesamtstichprobe) .....	283
Abb. 9.178 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag (verkehrsgezählte Straßen) .....	283
Abb. 9.179 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	284
Abb. 9.180 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht (verkehrsgezählte Straßen) .....	285
Abb. 9.181 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen (Gesamtstichprobe) .....	286
Abb. 9.182 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag (Gesamtstichprobe) .....	287
Abb. 9.183 Odds-Ratios und 95%-Konfidenzintervalle für die Lebenszeit-Prävalenz von Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht (Gesamtstichprobe) .....	288
Abb. 9.184 Mittlere Ausscheidung von freiem Cortisol. In der Abbildung dargestellt ist die mittels HPLC gemessene Cortisolausscheidung mit ihren signifikanten Trendkomponenten. Während der ersten zwei Versuchsnächte wurde kein Fluggeräusch eingespielt (vertikale Linie) .....	290
Abb. 9.185 Mittlere Ausscheidung von Kortison. In der Abbildung dargestellt ist sowohl die gemessene Kortisonausscheidung als auch deren Trendkomponenten. Während der ersten zwei Versuchsnächte wurde kein Fluggeräusch eingespielt (vertikale Linie) .....	291
Abb. 9.186 Mittlere Ausscheidung von 20 $\alpha$ -Dihydrocortisol. In der Abbildung dargestellt ist sowohl die HPLC gemessene Ausscheidung von 20 $\alpha$ -Dihydrocortisol als auch deren Trendkomponenten. Während der ersten zwei Versuchsnächte wurde kein Fluggeräusch eingespielt (vertikale Linie). .....	292
Abb. 9.187 Mittlere Ausscheidung von (freiem) Cortisol für Frauen und Männer. Während der ersten zwei Versuchsnächte wurde kein Fluggeräusch eingespielt (vertikale Linie) .....	293

Abb. 9.188 Mittlere Ausscheidung von Kortison für Frauen und Männer. Während der ersten zwei Versuchsnächte wurde kein Fluggeräusch eingespielt (vertikale Linie).....	293
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----



# 12 TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 4.1	Übersicht über neuroendokrine Faktoren mit immunologischer Kompetenz. Die Wirkungen beziehen sich auf in vivo Forschungsbefunde. Beobachtungen, die in vitro beschrieben wurden, sind vermerkt (? = vermutlich). (Quelle: Schedlowski 1996a) .....	45
Tab. 6.1	Mittlerer Body Mass Index in der Arbeitsstichprobe des SGS und in Westdeutschland, dargestellt für Altersklassen und getrennt nach Frauen und Männern .....	78
Tab. 6.2	Relative Anzahl stark übergewichtige Frauen und Männern .....	78
Tab. 6.3	Zuordnung des HZI-Index zu der im SGS erhobenen beruflichen Stellung und Schulbildung .....	80
Tab. 7.1	Lagemerkmale, mittlere Pegeldifferenzen und Standardabweichungen .....	85
Tab. 7.2	Belegung der Expositionsklassen durch Straßenverkehr am Tage .....	87
Tab. 7.3	Belegung der Expositionsklassen durch Straßenverkehr in der Nacht .....	87
Tab. 7.4	Korrelationen der Immissionspegel .....	89
Tab. 7.5	Belegung der Expositionsklassen Fluglärmmzonen.....	90
Tab. 7.6	Belegung der Kategorien der subjektiv empfundenen Störung für den Tag und die Nacht.....	91
Tab. 8.1	Interkorrelation der Kontrollvariablen (Teil a) .....	98
Tab. 8.2	Interkorrelation der Kontrollvariablen (Teil b).....	99
Tab. 8.3	Korrelationsmatrix Expositionsfaktoren und Kontrollvariablen (Teil 1).....	101
Tab. 8.4	Korrelationsmatrix Expositionsfaktoren und Kontrollvariablen (Teil 2).....	101
Tab. 9.1	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	106
Tab. 9.2	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	108
Tab. 9.3	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (nicht umgezogen) .....	110
Tab. 9.4	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (offenes Schlafzimmerfenster) .....	112
Tab. 9.5	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	114
Tab. 9.6	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	115

Tab. 9.7	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	116
Tab. 9.8	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	118
Tab. 9.9	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	120
Tab. 9.10	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	121
Tab. 9.11	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	122
Tab. 9.12	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Bluthochdruck in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	124
Tab. 9.13	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	125
Tab. 9.14	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	127
Tab. 9.15	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (kein Umzug).....	129
Tab. 9.16	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	131
Tab. 9.17	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	132
Tab. 9.18	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	133
Tab. 9.19	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	134
Tab. 9.20	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	136
Tab. 9.21	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	137
Tab. 9.22	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	138

Tab. 9.23	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Angina pectoris in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	139
Tab. 9.24	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	141
Tab. 9.25	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden -Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	142
Tab. 9.26	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten in Abhängigkeit den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	144
Tab. 9.27	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	145
Tab. 9.28	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	146
Tab. 9.29	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	147
Tab. 9.30	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Anamnese von Herzinfarkten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	149
Tab. 9.31	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	151
Tab. 9.32	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkte in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	152
Tab. 9.33	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Herzinfarkten in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	153
Tab. 9.34	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	155
Tab. 9.35	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	156
Tab. 9.36	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (nicht umgezogen) .....	158
Tab. 9.37	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (geöffnetes Fenster).....	160
Tab. 9.38	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	162

Tab. 9.39	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	163
Tab. 9.40	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	165
Tab. 9.41	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	166
Tab. 9.42	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	168
Tab. 9.43	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	169
Tab. 9.44	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	170
Tab. 9.45	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Migräne in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	171
Tab. 9.46	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	173
Tab. 9.47	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	174
Tab. 9.48	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	176
Tab. 9.49	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	177
Tab. 9.50	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	178
Tab. 9.51	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	180
Tab. 9.52	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	181



Tab. 9.53	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und (Gesamtstichprobe).....	183
Tab. 9.54	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	184
Tab. 9.55	Odds-Ratios im reduzierten Modell Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Diabetes mellitus (ohne Insulinbehandlung) in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	185
Tab. 9.56	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	186
Tab. 9.57	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	188
Tab. 9.58	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (kein Umzug) .....	190
Tab. 9.59	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (geöffnetes Fenster).....	192
Tab. 9.60	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	194
Tab. 9.61	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	195
Tab. 9.62	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	196
Tab. 9.63	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	198
Tab. 9.64	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlung von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	199
Tab. 9.65	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Die Lebenszeit-Prävalenz der ärztlichen Behandlung von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	201
Tab. 9.66	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	202
Tab. 9.67	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von erhöhten Blutfetten in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	203
Tab. 9.68	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	205

Tab. 9.69	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	207
Tab. 9.70	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	208
Tab. 9.71	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	209
Tab. 9.72	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	210
Tab. 9.73	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	212
Tab. 9.74	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	213
Tab. 9.75	Odds-Ratios : Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	215
Tab. 9.76	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	216
Tab. 9.77	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von chronischer Bronchitis in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	217
Tab. 9.78	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	218
Tab. 9.79	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	220
Tab. 9.80	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	221
Tab. 9.81	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	222
Tab. 9.82	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	223
Tab. 9.83	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	225
Tab. 9.84	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	227

Tab. 9.85	Odds-Ratios : Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	228
Tab. 9.86	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	229
Tab. 9.87	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Lungen-, Bronchialasthma in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	230
Tab. 9.88	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	232
Tab. 9.89	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	233
Tab. 9.90	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	235
Tab. 9.91	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	237
Tab. 9.92	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	238
Tab. 9.93	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	239
Tab. 9.94	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	241
Tab. 9.95	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebserkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	242
Tab. 9.96	Odds-Ratios : Anamnese von Behandlungen aufgrund erhöhter Blutfette in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen.....	244
Tab. 9.97	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Anamnese von Behandlungen aufgrund von Krebserkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen .....	245
Tab. 9.98	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Krebsbehandlungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	246
Tab. 9.99	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für die Allergieneigung in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	248
Tab. 9.100	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für die Allergieneigung in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	249

Tab. 9.101	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz von Allergieneigung in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	251
Tab. 9.102	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für die Allergieneigung in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	252
Tab. 9.103	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für die Allergieneigung in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	253
Tab. 9.104	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	254
Tab. 9.105	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	256
Tab. 9.106	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	258
Tab. 9.107	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (geöffnetes Fenster).....	260
Tab. 9.108	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Psychische Störungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	262
Tab. 9.109	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	263
Tab. 9.110	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	265
Tab. 9.111	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	267
Tab. 9.112	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	269
Tab. 9.113	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	271
Tab. 9.114	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Behandlungen aufgrund psychischer Störungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	272
Tab. 9.115	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	274
Tab. 9.116	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	275

Tab. 9.117	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Die Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	277
Tab. 9.118	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	279
Tab. 9.119	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	280
Tab. 9.120	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Perioden-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	281
Tab. 9.121	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Die Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen ist in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	282
Tab. 9.122	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen ist in Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel durch Straßenverkehr in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	284
Tab. 9.123	Odds-Ratios : Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von den Fluglärmmzonen und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	285
Tab. 9.124	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tag und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe) .....	286
Tab. 9.125	Odds-Ratios im reduzierten Modell: Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen von Schilddrüsenerkrankungen in Abhängigkeit von der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm in der Nacht und den Kontrollvariablen (Gesamtstichprobe).....	287
Tab. 9.126	Anzahl erfolgreicher Harnsammlungen und Lärmerleben in der Nacht .....	296
Tab. 9.127	Anzahl erfolgreicher Harnsammlungen und Lärmerleben am Tag.....	296
Tab. 9.128	Anzahl erfolgreicher Harnsammlungen und Straßenverkehr am Tag.....	296
Tab. 9.129	Anzahl erfolgreicher Harnsammlungen und Straßenverkehr in der Nacht .....	296
Tab. 10.1	Zusammengefasste Ergebnisse. Adjustiert für: „Lebensalter“, „Geschlecht“, „Alkoholkonsum“, „Tabakkonsum“, „Bewegung im Beruf“, „Sportliche Aktivität“, „Body Mass Index“, „Sozio-ökonomischer Index“, „Partnerverlust in der Ehe“, „Hörfähigkeit“, „Lärmempfindlichkeit“ und „Jahreszeit der Untersuchung“.....	330
Tab. 14.1	Namen und Herkunft ausgewählter Skalen (Quelle: Wolf 1995) .....	376
Tab. 14.2	Korrelationen der Skalen auf der Ebene von Personen (Quelle: Wolf 1995) .....	377



# 13 LITERATURVERZEICHNIS

## Einleitung

- Babisch, W. (1998): Epidemiological studies on cardiovascular effects of traffic noise. In: D. Prasher and L. Luxon (eds.): *Biological Effects of Noise*. Whurr Publisher Ltd., 312-327
- Ising, H.; B. Kruppa; W. Babisch; D. Gottlob; R. Guski; C. Maschke; M. Spreng (2001c): Kapitel VII-1 Lärm. In: H.-E. Wichmann; H.-W. Schlipkötter; G. Fülgraff (Hrsg): *Handbuch der Umweltmedizin*. Ecomed Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, Landsberg/Lech.
- Ising, H.; B. Kruppa (2001a): Analyse der Lärmwirkungsforschung während der vergangenen 25 Jahre bezogen auf die Nachtfluglärmproblematik – gesicherte Erkenntnisse, Auswirkungen. In: K.H. Bartels, H. Ising (Hrsg): *Nachtfluglärmproblematik Ergebnisse des Workshops in Neufahrn*. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene 111, Eigenverlag, Berlin
- Lübcke, E. (1935): Schallwahrnehmung. *Siemenszeitschrift* 145 5; zit. n. Hörmann 1974
- Zwiener, W.; P. Langhorst (1993): Vegetatives Nervensystem. In: Zwiener, W. (Hrsg.) *Allgemeine und klinische Pathophysiologie*, Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, 996

## Zentrales Nervensystem und Wahrnehmung

- Cannon, W. B. (1914): The emergency function of the adrenal medulla in pain and major emotions. *American Journal of Physiology* **33**, S. 356-372
- Cannon, W. B. (1929): *Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage*. New York
- Fahrenberg, J. (1979b): Das Komplementaritätsprinzip in der psychophysiologischen Forschung und psychosomatischen Medizin. *Zeitschr. für Klinische Psychol. und Psychotherap.* **2**, S. 151-167
- Fahrenberg, J. (1983): Psychophysiologische Methodik. In: K. J. Graffman; L. Michel (Hrsg.): *Verhaltensdiagnostik*. Bd. **4**, Hogrefe, Göttingen, S. 1-192
- Hecht, K.; M. M. Chananaschwili (1984c): Zur Psychologie, Physiologie und Pathologie der Emotionen. In: M. M. Chananaschwili; K. Hecht: *Neurosen*. Akademie Verlag, Berlin, S. 167-230
- Jansen, G. (1967): *Zur nervösen Belastung durch Lärm*. Dr. Dietrich Steinkopf Verlag, Darmstadt
- Klosterkötter, W. (1974a): Kritische Anmerkungen zu einer „Zumutbarkeitsgrenze“ für Beeinträchtigung durch Straßenverkehrslärm. *Kampf dem Lärm* **21**, S. 29-39
- Klosterkötter, W. (1974b): Neuere Erkenntnisse über Lärmwirkungen. *Kampf dem Lärm* **21**, S. 103-111
- Klosterkötter, W. (1974c): *Medizinische Untersuchungen über die Belastbarkeit von Menschen durch Geräusche im Hinblick auf die Immissionsrichtwerte*. Forschungsauftrag BMBau, St. II 4-704102-56 (1970)
- Lacey, J. I. (1967): Somatic response patterning and stress: Some revisions of activation theory. In: M. H. Appley, R. Trumbull (ed.): *Psychological Stress: Issues in Research*. Appleton-Century-Crafts, New York
- Lindsley, D. B. (1951): Emotion. In: S. S. Stevens (ed.): *Handbook of Experimental Psychology*. Wiley, New York
- Obrist, P. A.; J. L. Howard; J. R. Sutterer; R. S. Hennis; D. J. Murell (1973): Cardiac-somatic changes during a simple reaction time task. A developmental study. *Journal of Experimental Child Psychology* **16**, S. 346-362

- Otto, E. (1970): Einfluss von Schallreizen auf EEG-Aktivität, Herzperiodendauer und atemmedianische Messwerte im Schlaf. *Das Dtsch. Gesundheitswesen* **25**, S. 1661-1668
- Schandry, R. (1998): Lehrbuch Psychophysiologie. Beltz, Psychologie Verlags Union, Weinheim
- Traue, H. C. (1998): *Emotion und Gesundheit. Die psychobiologische Regulation durch Hemmungen*. Spektrum, Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin
- Waldman, A. W. (1972): *Experimentelle Neuropsychologie der Emotionen* (russ.). Medizina Leningrad
- Zwiemer, .; Langhorst (1993):

## Informationsverarbeitung des zentralen Nervensystems und der Wahrnehmung

- Ader, R.; N. Cohen (1975): Behaviourally conditioned unmunosuppressions. *Psychosomatic Medicine* **37**, S. 333-340
- Anochin, P. K. (1935): *Das Problem des Zentrums und der Peripherie in der modernen Physiologie der Nerventätigkeit*. Sammelband von Arbeiten unter der Redaktion von P. K. Anochin, Gorki, S. 7-12 (russ.)
- Anochin, P. K. (1967): Das funktionelle System als Grundlage der physiologischen Architektur des Verhaltensaktes. *Abh. aus dem Gebiet der Hirnforschung und Verhaltensphysiologie*. VEB G. Fischer Verlag, Jena, Bd. 1, S. 56
- Chananaschwili, M. M.; K. Hecht (1984): *Neurosen*. Akademie Verlag Berlin
- Fahlbusch R.; A. Barocka (1995): Hormones and Behaviour. *Acta Neurochirurgica* Springer Verlag, 1995, S. 169-177
- Fontana, A; W. Fierz (1985): The endothelium-astrocyte immune control system of the brain. *Semin Immunopathol* (1-2), S. 57-70
- Fey, P. (1968): Informationstheorie. Akademie-Verlag, Berlin
- Häuser, W. (2001): Schmerz, soziale Isolation und Depression im Alter – Differenzialdiagnostik im Einzelfall schwierig aber unerlässlich. *Med. Report* **25/13**, S. 10
- Hecht, K.; K. Treptow; M. Poppei et al. (1971a): Ein Modell für die Entwicklung hypoton ausgelenkter Blutdruckregulation durch fehlgesteuertes Lernen. *Akta biol. et med. Germ.*, **27**, Berlin, S. 869-883
- Hecht, K.; K. Treptow; S. Choinowski; M. Peschel (1972a): Die raumzeitliche Organisation der Reiz-Reaktions-Beziehungen bedingt-reflektorischer Prozesse. *Brain and Behaviour Research, Monograph Series* **5**, VEB Verlag Gustav Fischer, Jena
- Hecht, K.; Treptow; M. Poppei; T. Hecht (1972b): Ein Modell für die Entwicklung hyperten ausgelenkter Blutdruckdysregulationen durch fehlgesteuertes Lernen. *Acta biol. med. germ.* **27**, S. 869-883
- Hecht, K. (1972c): *Der Mensch neben Dir*. Urania-Verlag Leipzig, Jena, Berlin, S. 155-185
- Kesztyüs, L. (1967): *Immunität und Nervensystem*. Akadémiai Kiado, Budapest
- King, M. G.; A. J. Husband (1996): Konditionierung immunologischer Funktionen. In: M. Schedlowski; U. Tews (Hrsg.): *Psychoimmunologie*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, S. 537-560
- Kusnecov, . (1989):
- McQueen, G.; J. Marshall; M. Perdue; S. Shepard; J. Bienenstock (1989): Pavlovian conditioning of rat mucosal mast cells to secrete rat mast cell proteases II. *Science* **242**, S. 83-85
- Métalnikov, S.; V. Chorine (1926): The role of conditioned reflex in immunity. *Anal. of the Pasteur Institute* **11**
- Michel, F. B. (1994): Psychology of the allergic patient. *Allergy* **49**, S. 28-30
- Nolte, D. (1998): *Asthma*. Urban u. Schwarzenberg München, Wien, Baltimore, S. 66-72



- Pawlow, I. P. (1927): Lekzii o dejatelnosti bolshich polusharij. (Vorlesungen über die Tätigkeit der Großhirnhemisphären.) Isdatelstwo akademii nauk SSSR, Moskva; Verlag der Akademie der Wissenschaften der UDSSR, Moskau, Leningrad, Bd. 4. Deutsche Fassung: I. P. Pawlow: *Sämtliche Werke* **Bd. IV** (1953), Akademie Verlag, Berlin
- Pawlow, I. P. (1932): Experimentelle Neurosen. *Dtsch. Zeitschrift für Nervenheilkunde* **124**, S. 137-139
- Rüdiger, W. (1965): Probleme der Physiologie des Gehirns. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin
- Russel, M.; K. A. Dark; R. W. Cummins; G. Ellmann; E. Callaway; H. V. S. Peek (1984): Learned histamine release. *Science* **17**, S. 733-734
- Spreng, M. (1998): Periphere und zentrale Aktivierungsprozesse. In: H. Ising und C. Maschke (Hrsg.) (1998): *Beeinträchtigung der Gesundheit durch Verkehrslärm – ein deutscher Beitrag. Im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit*
- Stratz, T. (2001): Chronisches Schmerz- und Stresssyndrom. *Med. Report* **25/13**, S. 8
- Treptow, K.; K. Hecht; M. Peschel (1968a): Observations on the synchronization of periodic courses of reaction times and motor reaction times in locomotoric avoidance conditioning. *Excerpta Medica Intern. Congress Series* **171**, S. 61-62
- Treptow, K.; K. Hecht; R. Baumann (1968b): Zerebro-viszerale Störungen der glykämischen Regulation durch Lärmbelastung. In: St. Nitschkoff; G. Kriwizkaja (Hrsg.): *Lärmbelastung, akustischer Reiz und neurovegetative Störungen*. VEB Georg Thieme, Leipzig, S. 61-84
- Uno H., Tarara R., else J.G., Suleman M.A., Sapolsky R.M. (1989): Hippocampal damage associated with prolonged and fatal stress in primates. *J.Neuroscience* 1989; 9: 1705-11
- von Holst, E.; H. Mittelstaedt (1950): Das Reafferenzprinzip. *Naturwiss.* **37**, S. 446-476
- von Uexküll, J. (1936): Nie geschaute Welten. Die Umwelten meiner Freunde. Fischer, Berlin
- Wiener, N. (1948): *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*. Institute of Technology, Massachusetts
- Williams, R. M.; J. Bienenstock; R. H. Stead (1995): Mast cells: the neuroimmune connection. *Chemical Immunology* **61**, S. 208-235
- Ziegler, T. (1999): Wenn das Nervensystem ein Schmerzgedächtnis entwickelt. *Dtsch. Ärzteblatt* **96/46**, S. C2145-C2146
- Zubin J., Spring B. (1977): Vulnerability: A new view of Schizophrenia. *J.Abnormal Psych.* **86**, 103-126

## **Vegetativ-hormonell-immunologisches Regulationssystem**

- Adam B., K.A. Geißler, M. Held (Hrsg.) (1998): Die Nonstop-Gesellschaft und ihr Preis. Hirzel Verlag Stuttgart Leipzig
- Adams, A.; A. Baldzuhn, F. Hohlfeld; N. Rupp; C. Troebels (1998): *Wunderwerk Mensch*. Verlag das Beste, Stuttgart, Zürich, Wien
- Aljakrinskij, B. S. (1972): Problemi skrytowo desynchronosa. *Kosm. biol. med.* **6/1**, S. 32-37
- Aljakrinskij, B. S. (1980): Organizacija truda i otdycha kosmonatov v ditelnon polete. *Kosmic. Bioliavikosmic. med.* Moskau **14/1**, S. 3-8
- Andrjukin, A. A. (1962): Über die Höhe des Blutdrucks und über das Vorkommen von Hypertonie bei Arbeitern in Lärmbetrieben. *Gig. Trud. Prof. Zabol.* **5**, 21, ref. *Zbl. Arbeitsmed.* **12**, S. 176
- Anisman, H.; Zalcman, S.; Zacharko R.M. (1993): The Impact of Stressors on Immune and Central Neurotransmitter Activity: Bidirectional Communication. *Reviews in Neurosciences* **4**, 147-180
- Aserinsky, E.; N. Kleitmann (1953): Regularly occurring periods of eye motility and concomitant phenomena during sleep. *Science* **118**, S. 273-274

- Bakker, Joost M.; van de Dobbelsteen, G. ; Kroes, H.; Kavelaars, A., Heijnen, C.; Tilders, F.; van Rees E. (1998): Long-term gender-specific effects of manipulation during pregnancy on immune and endocrine responsiveness in rat offspring. *Journal of Neuroimmunology*, 82 (1) 56-63
- Balzer, H.-U., K. Hecht (1993): Chronobiologische Aspekte des Schlafverhaltens. In: K. Hecht (Hrsg.); A. Engfer; J. H. Peter; M. Poppei: *Schlaf, Gesundheit, Leistungsfähigkeit*. Springer Verlag, Berlin u. a., S. 49-55
- Bartels, H.; R. Bartels (1987): *Physiologie. Lehrbuch und Atlas*. Urban, Schwarzenberg, München, Wien, Baltimore, S. 299
- Basner, M.; Buess, H.; Luks, N.; Maaß, H.; Mavet, L.; Müller, E.-W.; Müller, U.; Piehler, C.; Plath, G.; Quehl, J.; Rey, E.; Samel, A.; Schulze, M.; Vejvoda, M.; Wenzel, J. (2001): Nachtfluglärmwirkungen – eine Teilauswertung von 64 Versuchspersonen in 832 Schlaflabornächten. Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin, Köln
- Bélenky, G.; H. Sing; M. Thomas; N. Shepanek; D. Hall; J. Zurer (1991): Ultradian Rhythms in Cognitive Performance. In: E. L. Rossi (1995): *20 Minuten Pause*. Jungfermann Verlag, Paderborn
- Benschop, RJ; Broschot, JF; Godaert, GL; De Smet, MB; Geenen, R; Olf, M; Heijnen, CJ; Ballieux, RE. (1994a): Chronic stress affects immunologic but not cardiovascular responsiveness to acute psychological stress in humans. *American Journal of Physiology*, 266
- Benschop, RJ; Nieuwenhuis, EE; Tromp, EA; Godaert, GL; Ballieux, RE. (1994b): Effects of  $\beta$ -adrenergic blockade on immunologic and cardiovascular changes induced by mental stress. *Circulation*, 89 /february
- Bonneau, RH; Brehm, MA; Kern, AM. (1997): The impact of psychological stress on the efficacy of anti-viral adoptive immunotherapy in an immunocompromised host. *Journal of Neuroimmunology* /78/1-2 (19-33)
- Bonnefoy, X. (2000): Noise and Health. WHO Regional Office for Europe
- Born J., Kern W., Bieber K., Fehm-Wolfsdorf G., Schiebe M., and H.L. Fehm: Night time plasma cortisol secretion is associated with specific sleep stages. *Biol. Psychiatry* 21 (1986) 1415-1424
- Born, J.; H. L. Fehm (2000): The neuroendocrine recovery function of sleep. *Noise & Health* 7, S. 25-37
- Born, J.; K. Hansen, L. Marshall; M. Mölle; H. L. Fehm (1998): Timing the end of nocturnal sleep. *Nature* 397, S. 29-30
- Braun C. (1998): *Nächtlicher Straßenverkehrslärm und Stresshormonausscheidung beim Menschen*. Dissertation, Humboldt-Universität Berlin
- Breznitz, S; Ben-Zur, H; Berzon, Y; Weiss, D; Levitan, G; Tarcic, N; Lischinsky, S; Greenberg, A; Levi, N; Zinder (1998): Experimental induction and termination of acute psychological stress in human volunteers: effects on immunological, neuroendocrine, cardiovascular, and psychological parameters. *Brain, Behavior, and Immunity*, 12/1998
- Brown, R. (1996): Schlaf und Immunfunktionen. In: Schedlowski und Tews (Hrsg.): *Psychoneuroimmunologie*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford, S. 503-510
- Castellanos, E.; Sueishi, K.; Tanaka, K.; Ishii, Y. (1991): Ultrastructural studies of rat atherosclerosis induced by stimulation of immune system with ovalbumin. *Acta Pathologica Japonica*, 41 (2)
- Connor TJ; Leonard BE. (1998): Depression, stress and immunological activation : The role of cytokines in depressive disorders. *Life Sciences* /62/7, 583-606
- Croiset, G.; Veldhuis, HD; Ballieux, RE; de Wied, D; Heijnen, CJ. (1987): The impact of mild emotional stress induced by the passive avoidance procedure on immune reactivity. *Annals of the New York Academy of Science*, 496
- Dinges, D. F. (1989c): Influence of the human Timekeeping System on sleep. In: M. H. Kryger, T. Roth, W. C. Dement: *Principles and practice of sleep medicine*. W. B. Saunders Comp. Philadelphia, Chapter 12; S. 153-162
- Dinges, D. F.; R. J. Broughton (1989a): *Sleep and Alertness*. Chronobiological, behavioral and medical aspects of napping. New York, Raven Press

- Dinges, D. F.; R. J. Broughton (1989b): The significance of napping: a synthesis. In: D. F. Dinges; R. J. Broughton: Sleep and Alertness. Chronobiological, behavioral and medical aspects of napping. New York, Raven Press
- Ehlenz, K., J. H. Peter, H. Kaffarnik, P. v. Wickert (1993): Kardiovaskuläre Hormone und Schlafbedeutung für Hypertonie. In: K. Hecht, A. Angfer, J. H. Peter, M. Poppei: Schlaf, Gesundheit, Leistungsfähigkeit. Springer Verlag, Berlin u. a.; S. 243-261
- Eppinger, H.; L. Hess (1910): *Die Vagotonie*. Springer, Berlin
- Erdmann, M. (2002): Chronobiologische Aspekte der Interaktion zwischen Schmerzen und Lärmempfindlichkeit – Pilotstudie in einem stark lärmbelasteten Gebiet. Dissertation Med. Fak. Charité, Humboldt Universität, Berlin
- Fahlbusch, R.; Barocka, A. (1995): Hormones and Behaviour. Acta Neurochirurgica. Springer Verlag, 169-177
- Faust, V.; G. Hole (1991): Der gestörte Schlaf. Universitätsverlag Ulm GmbH, S. 19-20
- Fischer, J.; F. Raschke (2000): Die 24-Stundengesellschaft – sozialmedizinische Bedeutung. Somnologie 4, Suppl. 1, S. 7
- Fontana, A; W. Fierz (1985): The endothelium-astrocyte immune control system of the brain. Semin Immunopathol (1-2), S. 57-70
- Frankenhäuser, M.; Lundberg, U.(1976): Psychological reactions to noise as modified by personal control. Reports from the Department of Psychology, U. Stockholm Vol. 471(jun 1976)
- Franci O; Amici, A; Margarit, R; Merendino, N; Picolella, E. (1996): Influence of thermal and diet stress on immune response of rabbits. Journal of Animal Science, 74 (7)
- Graeber, R. C. (1989): Jet lag and sleep disruption. In: M. M. Kryger, T. Toth W. C. Dement: Principles and practice of sleep medicine. W. B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto, Montreal, Sydney, Tokyo; Kapitel 32, S. 324-331
- Graff, Ch.; F. Bockmühl; V. Tietze (1968): Lärmbelastung und arterielle (essentielle) Hypertoniekrankheit beim Menschen. In: S. Nitschkoff; G. Kriwizkaja: *Lärmbelastung, akustischer Reiz und neurovegetative Störungen*. Georg-Thieme Verlag, S. 112-126
- Gordon, J.L; Browyer, D.E; Evans, D.W; Mitchinson, M.J. (1973): Human platelet reactivity during stressful diagnostic procedures. Journal of clinical Pathology, 26
- Harder J.; C. Maschke; H. Ising (1998): Längsschnittstudie zum Verlauf von Streßreaktionen unter Einfluß von nächtlichem Fluglärm. Umweltbundesamt Berlin: Forschungsbericht FKZ 506 01 003
- Hecht, K. (1992a): Besser schlafen, schöner träumen. Südwestverlag, München, S. 127-132
- Hecht, K. (1992b): Minischlaf. Deine Gesundheit 2; S. 22-23
- Hecht, K. (1993a): Selbsthilfe bei Schlafstörungen. Ullstein Medicus, Frankfurt/Main, Berlin
- Hecht, K. (1993b): Schlaf und die Gesundheits-Krankheits-Beziehung unter dem Aspekt des Regulationsbegriffes von Virchow. In: K. Hecht (Hrsg.); A. Engfer; J. H. Peter; M. Poppei: Schlaf, Gesundheit, Leistungsfähigkeit. Springer Verlag, Berlin u. a., S. 3-12
- Hecht, K. (1993c): Besser schlafen, schöner träumen. Südwestverlag, München, S. 127-132
- Hecht, K. (1998): Neugeboren durch gesunden Schlaf. Cormoran, München
- Henry, J.P. (1992): Biological bases of the stress response. Integrative physiological and behavioral science 27, 66-83
- Hildebrandt, G. (1962a): Zur Frage der rhythmischen Funktionsordnung beim Menschen. In L. Delius; H. Koepchen; E. Witzleb (Hrsg.): Probleme der zentralnervösen Regulation. Berlin, Göttingen, Heidelberg, S. 22-28
- Hildebrandt, G. (1962b): Biologische Rhythmen und ihre Bedeutung für die Bäder- und Klimaheilkunde. In: W. Amelung; A. Evers (Hrsg.): Handbuch der Bäder- und Klimaheilkunde. Schattauer, Stuttgart, S. 730-785

- Hildebrandt, G. (1980): Survey of current concepts relative to rhythms and shift-work. In: L. E. Scheving; F. Halberg (Hrsg.): Chronobiology. Principles and Applications to Shifts in Schedules. Sijthoff and Noordhoff, Aphen a.d. Rijn, S. 261-292
- Hildebrandt, G.; R. Moog (1993): Chronobiologische Aspekte der Schichtarbeit. In: K. Hecht; A. Engfer; J. H. Peter; M. Poppei (Hrsg.): Schlaf, Gesundheit, Leistungsfähigkeit. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg u. a., S. 57-68
- Hildebrandt, G. (1998b): Die Missachtung der biologischen Zeitprogramme des Menschen durch Nacht- und Schichtarbeit. In: B. Adam; K. A. Gußler; M. Held (Hrsg.): Die Nonstop-Gesellschaft und ihr Preis. Hirzel Verlag Stuttgart, Leipzig
- Hume, K. I. (1983): The rhythmic nature of sleep. In: A. Mayes (Hrsg.): Sleep mechanisms and functions. Wokingham. United Kingdom, van Nostrand Reinhold; S. 18-36
- Ising, H.; I. Curio; H. Otten; E. Rebentisch; W. Schulte; W. Babisch (1991): Gesundheitliche Wirkungen des Tieffluglärms – Hauptstudie. Umweltbundesamt Berlin
- Ising, H.; C. Braun (2000): Acute and chronic endocrine effects of noise: Review of the research conducted at the Institut for Water, Soil and Air Hygiene. *Noise & Health* 7, S. 7-24
- Klein, R.; R. Armitage (1979): Rhythms in human performance: I-1/2 Hour Oscillations in Cognitive Style. *Science* 204; S. 1326-1328
- Kleitman, N. (1963): Sleep and Wakefulness as Alternating Phases in the Cycle of Existence. Chicago University of Chicago Press
- Kleitman, N. (1970): Implications of the rest-activity cycle: Implications for organizing activity. In: E. Hartmann (ed.): Sleep and Dreaming. Little, Brown, Boston
- Koella, W. P. (1988): Die Physiologie des Schlafes. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York
- Kordon, C; Bihoreau, C. (1989): Intergrated Communication between the Nervous, Endocrine and Immune Systems. Hormom research 1989. Centre Paul-Broca, Paris
- Larina, L. M.; Bystritzkaya, A. F.; Smirnova, T. M. (1997): Psycho-physiological monotoring in real and simulated space-flight conditions. *Journal of Gravitational Physiology* Vol 4(2)
- Leo, NA; Callahan, TA; Bonneau, RH (1998): Peripheral sympathetic denervation alters both the primary and memory cellular immune responses to herpes simplex virus infection. *Neuro. Immuno. Modulation*, 5/ 1-2, 22-35
- Linthorst, AC.; Flachskamm, C.; Hopkins, SJ.; Hoadley, ME.; Labeur, MS.; Holsboer, F.; Reul, JM. (1997): Long-term intracerebroventricular infusion of corticotropin-releasing hormone alters neuroendocrine, neurochemical, autonomic, behavioural, and cytokine responses to a systemic inflammatory challenge. *Journal of Neuroscience*, 17 (11)
- Lloyd, D.; Rossi, E. (ed.) (1992): Ultradian Rhythms in Life Process. Springer Verlag New York, Berlin, Heidelberg
- Luce, G. (1970): Biological Rhythms in Psychiatry and Medicine. U. S. Dept. of Health, Education and Welfare, NIMH
- Maestroni, G.; A. Conti (1990): The pineal neurohormone melatonin stimulates activated CD 4+, Thy-1 + cells to release opioid agonist(s) with immunoenhancing and anti-stress properties. *Journal of Neuroimmunology*, 28 (2) 167-76
- Maschke, C.; D. Arndt; H. Ising (1995a): Nächtlicher Fluglärm und Gesundheit. Ergebnisse von Labor- und Feldstudien. *Bundesgesundheitsblatt* 3
- Maschke, C.; D. Arndt, H. Ising; G. Laude; W. Thierfelder; S. Contzen (1995b): *Nachtfluglärmwirkungen auf Anwohner*. Guistav Fischer Verlag, Stuttgart, New York
- Maschke, Ch.; H. Ising; K. Hecht (1997a): Schlaf – nächtlicher Verkehrslärm – Stress – Gesundheit: Grundlagen und aktuelle Forschungsergebnisse. *Bundesgesundheitsblatt* 40/1, S. 3-10; *Bundesgesundheitsblatt* 40/3, S. 86-95

- Maschke, C.; Druba, M.; Pleines, F. (1997b): Kriterien für schädliche Umwelteinwirkungen: Beeinträchtigung des Schlafes durch Lärm – eine Literaturübersicht. Forschungsbericht 97-10501212/07. Umweltbundesamt, Berlin
- Maschke C. (1992): Der Einfluß von Nachtfluglärm auf den Schlafverlauf und die Katecholaminausscheidung. Dissertation, Technische Universität Berlin
- Maschke, C. (1998a): Noise-induced sleep disturbance, stress reactions and health effects; In: D. Prasher, L. Luxon (eds.): *Advances in Noise Research, Volume I: Biological Effects of Noise*. Whurr Publishers Ltd London, 336-343
- C. Maschke, K. Hecht und H. U. Balzer (1998b): Stressregulationstest. In: Beyer A., Eis D. (Hrsg.): *Praktische Umweltmedizin*, Aktuelles 3/98, S. 7-11. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- Maschke, C.; T. Rupp; K. Hecht (2000): The Influence of Stressors on Biochemical Reactions – A review of the present scientific findings with Noise. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 203/1.
- McEwen, B. (1998): Protective and damaging effects of stress mediators. *New England Journal of Medicine* 15
- Meinhardt, P.; U. Renker (1970): Untersuchungen zur Morbidität an Herz- und Kreislauferkrankungen durch Dauerlärmexposition. *Z. ges. Hyg.* **16**, S. 853-857
- Melamed, S. and S. Bruhis (1996): The effects of chronic industrial noise exposure on urinary cortisol, fatigue and irritability. *J of Occup and Environ Med* 38 (3) 252-256
- Melamed S.; Froom P.; Kristal-Boneh E.; Gofer D. and J. Ribak (1997): Industrial noise exposure, noise annoyance and serum lipid levels in blue-collar workers – the Cordis Study. *Arch of Environ Health* 52 (4) 292-298
- Mistelberger, R. E.; B. Rusak (1989): Mechanisms and Models in the circadian Timekeeping System. In: M. H. Kryger, R. Roth, W. C. Dement (Hrsg.): *Principles and practice of sleep medicine*. W. B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto, Montreal, Sydney, Tokyo; Kapitel 11, S. 141-152
- Moog, R.; G. Hildebrandt (1994): Verbesserung der Schlafqualität durch zirkadiane Phasenadaptation bei Blinden. *Wiener Med. Wochenschrift* 144, S. 23-24
- Moore-Ede, M. (1993): Die Nonstopgesellschaft. Risikofaktoren und Grenzen menschlicher Leistungsfähigkeit in der 24-Stunden-Welt. W. Heyne, München
- Monk, T. H. (1989): Circadian Rhythms in subjective activation, mood and performance efficiency. In: M. H. Kryger, R. Roth, W. C. Dement (Hrsg.): *Principles and practice of sleep medicine*. W. B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto, Montreal, Sydney, Tokyo; S. 3-113
- Morici, LA; Elsey, RM; Lance, VA. (1997): Effects of long-term corticosterone implants on growth and immune alligators. *Journal of Experimental Zoology*, 279
- Müller, N. (1997): Die Rolle des Zytokinnetzwerks im ZNS und psychische Störungen. *Nervenarzt*, 68/1
- Nguyen, KT; Deak, T; Owens, SM; Fleshner, M; Watkins, LR; Maier, SF. (1998): Exposure to acute stress induces brain interleukin-1 beta protein in the rat. *Journal of Neuroscience*, 18
- Oelkers, W. (1998): Clinical diagnosis of hyper- and hypocortisolism. (Submitted for publication in *Noise & Health*)
- Perry, (1990): Perry, S.; J. Dawson (1990): *Chronobiologie – die innere Uhr Ihres Körpers*. Ariston Verlag, Genf, München
- Pittendrigh, C. S. (1981): Circadian Systems. Entrainment. In: J. Aschoff (Hrsg.): *Biological Rhythmus*. Biological Rhythmus Plenum, New York, S. 95-124
- Rossi, E. (1986a): Altered states of consciousness in everyday life: The Ultradian Rhythms. In: B. Wolman, M. Ullman (Hrsg.): *Handbook of Altered States of Consciousness*. Van Nostrand, New York, S. 97-132
- Rossi, E. (1986b): *The Psychobiology of Mind-Body Healing. New Concepts of Therapeutic Hypnosis*. W. W. Norton, New York. Deutsche Übersetzung: *Die Psychobiologie der Seele-Körper-Heilung*. (1991) Synthesis Verlag

- Rossi, E. (1986c): Hypnosis and ultradian rhythms. In: B. Zilbergeld; M. Edelstien; D. Araoz (Hrsg.): Hypnosis: Questions and Answers. W. W. Norton, New York, S. 17-21
- Rossi, E. L. (1990a): From mind to molecule: More than a metaphor. In: J. Zeig; S. Gilligan (Hrsg.): Brief Therapy: Myths, Methods and Metaphors. Brunner/Mazel, New York
- Rossi, E. L. (1990c): The eternal quest: Hidden rhythms of stress and healing in everyday life. *Psychological Perspectives* 22, S. 6-23
- Rossi, E. L. (1990d): Mind-molecular communication: Can we really talk to our genes? *Hypnos* 17 (I), S. 3-14
- Rossi, E. L. (1990b): The new yoga of the west: Natural rhythms of mindbody healing. *Psychological Perspectives*, 22, S. 146-161
- Rossi, E. L. (1993): 20 Minuten Pause. Jungfermann, Paderborn
- Roehrs, T.; F. Zorick, T. Roth (1989): Transient insomnias and insomnials associated with circadian rhythm disorders. In: M. H. Kryger, T. Roth, W. C. Dement (Hrsg.): Principles and practice of sleep medicine. Saunders, Philadelphia; S. 433-441
- Sapolsky, R.; Krey, L.C.; McEwen, B. S. (1989): The neuroendocrinology of stress and aging: The glucocorticoid cascade hypothesis. *Endocrinology Reviews* 7, Nr 3, pp. 284-301
- Schedlowski, M.; R. J. Benschap (1996a): *Neuroendokrines System und Immunfunktion*. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin, Oxford
- Schedlowski, M.; R. Jacobs; G. Stratmann; St. Richter; A. Hädicke; U. Tewes; Th. O. F. Wagner; E. Reinhold (1993): Changes of natural killer cells during acute psychological stress. *J. of Clin. Immunology* 13/2, S. 119-126
- Schedlowski, M.; U. Tewes (1996b): *Psychoneuroimmunologie*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford
- Schmeck, K. (1992): Beeinträchtigung von Kindern durch Fluglärm. Auswirkungen von militärischem Tieffluglärm auf psychophysiologische Reaktionen von Kindern und Jugendlichen. Ergebnisse einer Felduntersuchung in Westfalen. Klotz Verlag
- Schmeck, K., Poustka, F. (1992): Psychophysiologische und psychiatrische Untersuchungen bei Kindern und Jugendlichen in einer Tiefflugregion. Schr.-Reihe Verein WaBoLu 88, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- Schulz, H.; P. Lavie (Hrsg.) (1985): Ultradian Rhythms in Physiology and Behaviour. Springer Verlag, New York
- Seefeld, D. (1989): *Stress, was tun?*. Urania-Verlag, Leipzig, Jena, Berlin
- Selye (1936): A syndrome produced by diverse noxious agents. *Nature London* 138
- Selye, H. (1953): *Einführung in die Lehre vom Adaptationssyndrom*. Thieme, Stuttgart
- Selye, H. (1956): *The Stress of Life*. McGraw-Hill, New York
- Siedeck (1955): Über das zeitliche Verhalten der phasenförmigen Reizbeantwortung nach Pyrogeninjektion. *Acta Neuroveg. Wien*, 11, S. 94ff
- Spreng M. (1998): Health effects of chronic nervous system activation and increased cortisol. In: Symposium: Environmental Noise, Stress and Cardiovascular Risk. Berlin
- Steiger, A.; U. Bardeleben; J. Guldner; C. Lauer; B. Rothe; F. Holsboer (1993): The sleep EEG and nocturnal hormonal secretion – studies on change the course of depression and on effects of CNS-active drugs. *Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiat.* 17, S. 125-137
- Stepanova, S. J. (1986): Bioritmologiceskie aspekti probleme adaptzii. Moskva Nauka, S. 160-165 und 201-208
- UBA (1990): Interdisziplinärer Arbeitskreis für Lärmwirkungsfragen beim Umweltbundesamt: Gutachterliche Stellungnahmen zu Lärmwirkungsbereichen (1982-1990) Umweltbundesamt, Berlin
- Uno, H.; Tarara, R.; Else, J.G.; Suleman, M.A., Sapolsky, R.M. (1989): Hippocampal damage associated with prolonged and fatal stress in primates. *J. Neuroscience* 9, 1705-1711

- Waterhouse, J. M.; D. S. Minors; M. E. Waterhouse (1992): Die innere Uhr. Hans Huber, Bern
- Webb, W.-B.; M. G. Bubl (1981): Temporal characteristics of sleep. In: J. Aschoff: Handbook of behavioral neurobiology, Biological Rhythmus. Plenum Press, New York; S. 499-523
- Wegmann, H. M.; K. E. Klein (1985): Jet lag and aircrew scheduling. In: S. Folkard; T. H. Monk (ed.): Hours of Work. Temporal Factors in Workscheduling. Chichester u. a. John Wiley u. sons, S. 263-276
- Wejn, A. M., K. Hecht (1989): Сон тшеловека. Физиология и патология. Медицина Москва
- Wever, R. (1979): The Circadian System of Man: Results of experiments under temporal isolation. Springer Verlag, New York, Heidelberg, Berlin
- Wever, R. (1994a): ELF-Effects on human circadian Rhythmus. In: Persinger, S. 101-144
- Wever, R. (1994b): Die zirkadiane Rhythmik des Menschen unter Freilaufbedingungen. In: J. Zulley; E. Haen; R. Lund; R. Roenneberg (Hrsg.): Chronomedizin. Roderer, Regensburg, S. 93-104
- Zehentbauer, J. (1996): *Körpereigene Drogen. Die ungenutzten Fähigkeiten des Gehirns*. 5. Auflage. Artemis und Winkler, München, Zürich
- Zubin, J.; Spring, B. (1977): Vulnerability: A new view of Schizophrenia. J. Abnormal. Psych. 86, 103-126
- Zulley, J. (1993): Schlafen und Wachen als biologischer Rhythmus. Roderer Verlag, Regensburg
- Zulley, J. (2001): Die innere Uhr: Ticken wir immer richtig? Psychologie heute 28/7, S. 46-53

## Hypothesen

- Babisch, W. (2000): Gesundheitliche Wirkungen von Umweltlärm- Ein Beitrag zur Standortbestimmung, Zeitschrift für Lärmbekämpfung 47, 95-102
- Friedman, M.; Rosenman, R. H. (1974): Type A behavior and your heart. New York: Alfred A Knopf Inc.
- Neus, H., Schirmer, G., Rüddel, H., Schulte, W. (1980). Zur Reaktion der Fingerpulsamplitude auf Belästigung. Int. Arch. Occup. Environ. Health 47, 9-19.
- Rebentisch, E., H. Lange-Asschenfeld, H. Ising (1994): Gesundheitsgefahren durch Lärm. B.G.A.-Schriften 1/94

## Die Spandauer Follow-up Studie

- Hoffmeyer-Zlotnik, J.H.P. (1993): Operationalisierung von "Beruf" als zentrale Variable zur Messung von sozio-ökonomischem Status. ZUMA-Nachrichten 17 (Heft 32), 135-141
- Robert Koch-Institut (1995): Die Gesundheit der Deutschen. RKI Hefte Ausgabe 7

## Lärmbelastung

- VDI 2571: 1976-08 *Schallabstrahlung von Industriebauten*. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf

## Analysemethodik

- Bortz, J. (1985): Lehrbuch der empirischen Forschung für Sozialwissenschaftler. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York Tokio

## Analysen

- Braun, C. (1999): Chronische Cortisolserhöhung bei nächtlicher Verkehrslärmbelastung, Dissertation, Freie Universität Berlin
- Harder J., Maschke C., Ising H. (1998): Längsschnittstudie zum Verlauf von Stressreaktionen unter Einfluss von nächtlichem Fluglärm. Berlin, Umweltbundesamt; Forschungsbericht FKZ 506 01 003

- Ising H.; M. Ising (2001b): Stressreaktionen von Kindern durch LKW-Lärm. Umweltmedizinischer Informationsdienst 1/2001
- Maschke et al. (2001): Stress hormone changes in persons under simulated night noise exposure. *Noise & Health* (in press).
- Schöneshöfer M., A. Kage, B. Weber, I. Lenz, E. Köttgen (1985): Determination of urinary free cortisol by „on-line“ liquid chromatography. *Clinical Chemistry* Vol. 31, No. 4, 564-568
- Schöneshöfer M., A. Kage, B. Eisenschmid, P. Heilmann, T.K. Dhar, B. Weber (1986a): Automated liquid chromatographic determination of the 20-Dihydro isomers of cortisol and cortisone in human urine. *Journal of Chromatography*, 380, 267-274
- Schöneshöfer M., B. Weber, W. Oelkers, K. Nahoul, F. Mantero (1986b): Measurement of urinary free 20-Dihydrocortisol in biochemical diagnosis of chronic hypercorticism. *Clinical Chemistry* Vol. 32, No. 5, 808-810

## Diskussion

- Austin, D.W. (1974): Noise is causing an industrial headache. *Medical Times* 102, 60-62
- Assmann G.: Lipid metabolism disorders and coronary heart disease. MMV-Medizin Verlag, München (1993)
- Babisch, W. (2000a): Traffic Noise and Cardiovascular Disease: Epidemiological Review and Synthesis. *Noise & Health* 2(8), 9-32
- Babisch, W. (2000b): Gesundheitliche Wirkungen von Umweltlärm. *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* 47, 95-102
- Babisch, W. (1998). Epidemiological studies on cardiovascular effects of traffic noise. In: Prasher D., Luxon L. (eds): *Advances in noise research*; Vol. 1, Biological effects of noise; p 312-325. London: Whurr Publishers Ltd.
- Babisch et al. (1995): Schallpegel oder subjektive Gestörtheit? – Lärmexpositionsmaße in Wirkungsstudien am Beispiel
- Babisch, W., Ising, H. (1992). Epidemiologische Studien zum Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und Herzinfarkt. *Bundesgesundheitsblatt* 35, S. 3-11.
- Bellach, B., Dortsch, R., Müller, D., Ziese, T. (1995). Gesundheitliche Auswirkungen von Lärmbelastung – Methodische Betrachtungen zu den Ergebnissen dreier epidemiologischer Studien. *Bundesgesundhbl.* 38, 84-89.
- Berglund, B., Lindvall, T. (1995): Community noise. Document prepared for the World Health Organization. Archives of the Center for Sensory Research. Stockholm University and Karolinska Institute
- Biermann; Klar; Sziedat; Matyschik; Tölle (1997): Untersuchung der Auswirkungen von Fluglärm auf die Lebensqualität – eine vergleichende Gebietsanalyse. Projektarbeit am Institut für Technische Akustik, Technische Universität Berlin
- Blau, J.N. (1990): Common headache: Type, duration, frequency and implications. *Headache* 30, 701-704
- Blumental, J.A. (2001): Sport bei Depression bzw. als Antidepressiva. *Psychosomatische Medizin* 2001
- BMG (Hrsg.) (1993): Indikatoren zum Gesundheitszustand der Bevölkerung in der ehemaligen DDR. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Gesundheit Bd 23, Baden-Baden
- Bormann C.; Hoeltz J.; Hoffmeister H.; Klaes L.; Kreuter H.; Lopez, H.; Stolzenberg, H.; Weilandt, C. (1990): Subjektive Morbidität. München (Bga-Schriften 4/90)
- DFS (2001): Luftfahrthandbuch Deutschland AIP Germany. DFS Deutsche Flugsicherung GmbH
- DGSM (2001): Nicht erholsamer Schlaf. AWMF-Leitlinien-Register Nr. 063/001, Entwicklungsstufe 2
- Eiff, A.W.v., Neus, H. (1980). Verkehrslärm und Hypertonierisiko. 1. Mitteilung. (In German). *Münch. Med. Wschr.* 122, 894-896.



- Eiff, A.W.v., Neus, H., Friedrich, G., Langewitz, W., Rüddel, H., Schirmer, G., Schulte, W., Thönes, M., Brügge-mann, E., Litterscheid, C., Schröder G. (1981). Feststellung der erheblichen Belästigung durch Verkehrslärm mit Mitteln der Streßforschung. Forschungsbericht 81-10501303. Umweltforschungsplan des Bundesministers des Innern, Umweltbundesamt, Berlin.
- Erdmann, M. (2002): Chronobiologische Aspekte der Interaktion zwischen Schmerzen und Lärmempfindlichkeit – Pilotstudie in einem stark lärmbelasteten Gebiet. Dissertation Med. Fak. Charité, Humboldt Universität, Berlin
- Fuchs, E. (1991): Allergie – unter besonderer Berücksichtigung der Pollenallergie. Prävention 4, 150-156
- Franz, M.; N. Schmitz; K. Lieberz; H. Schepank (1998): Das multiple somatoforme Syndrom in der Allgemeinbevölkerung. In: G. Rudolf; P. Henningsen (Hrsg.): Somatoforme Störungen. Schattauer Verlag, Stuttgart, S. 41-52
- Heine, H. (1997): Gesundheit – Krankheit – Streß. Biologische Medizin 26(5), S.200-204
- Rudolf, G.; P. Henningsen (1998): Somatoforme Störungen. Schattauer Verlag, Stuttgart, New York
- Herbold, M., Hense, H.W., Keil, U. (1989). Effects of road traffic noise on prevalence of hypertension in men: Results of the Luebeck blood pressure study. Soz. Praeventivmed. 34, 19-23.
- Hoffmeister, H.; B.M. Bellach (1995): Die Gesundheit der Deutschen (The health of the German). RKI-Heft 7/1995. Robert Koch-Institut, Bundesinstitut für Infektionskrankheiten und nicht übertragbare Krankheiten
- Ising, H., Babisch, W., Kruppa, B. (1998). Ergebnisse epidemiologischer Forschung im Bereich Lärm. In: Gesundheitsrisiken durch Lärm. Tagungsband zum Symposium, Bonn 1998, S. 35-49. Bonn, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.).
- Ising, H.; Kruppa, B. (Hrsg.) (2001): VII-1 Lärm. In: H-E. Wichmann, H-W. Schlipköter, G. Fülgraff (Hrsg.). Handbuch der Umweltmedizin: Toxikologie, Epidemiologie, Hygiene, Belastungen, Wirkungen, Diagnostik, Prophylaxe, Ecomed Verlagsgesellschaft, Losebl.-Ausg., Landsberg/Lech, 1992
- Ising, H. und M. Ising (2001): Stressreaktionen von Kindern durch LKW-Lärm. Umweltmedizinischer Informationsdienst 1/2001
- Ising, H.; Babisch, W.; Lange-Asschenfeldt, H.; Lieber, G-F.; Weinhold, H.; Eilts, M. (2002): Auswirkungen langfristiger Expositionen gegenüber Straßenverkehrs-Emissionen auf die Entwicklung von Haut- und Atemwegserkrankungen bei Kindern – Teil 1 und 2. Bundesgesundheitsblatt (im Druck)
- Koella, P.W. (1988). Die Physiologie des Schlafes. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/New York.
- Knipschild, P. (1977a). Medical effects of aircraft noise: Community cardiovascular survey. Int. Arch. ccup. Environ. Hlth. 40, 185-190. Leo 1998
- Knipschild, P. (1977b). VI, Medical effects of aircraft noise: General practice survey. Int. Arch. Occup. Environ. Hlth. 40, 191-196.
- Knipschild, P., Meijer, H., Sallé, H. (1984), Wegverkeerslawaaai, psychische problematiek en bloeddruk. Uitkomsten van een bevolkingsonderzoek in Amsterdam. Tijdschrift voor Sociale Gezondheidszorg 62, 758-765.
- Künzli, N.; Kaiser, R.; Seethaler, R. (2001): Luftverschmutzung und Gesundheit: Quantitative Risikoabschätzung. Umweltmedizin in Forschung und Praxis 6(4), 202-212
- Lercher, P. (1992). Transitverkehrs-Studie Teil I. In: Auswirkungen des Straßenverkehrs auf Lebensqualität und Gesundheit. Transitstudie – Sozialmedizinischer Teilbericht. Bericht an den Tiroler Landtag. Amt der Tiroler Landesregierung, Innsbruck.
- Löwel, H.; Keil, U.; Koenig, W.; Hörmann, A.; Lewis, M.; Bolte, HD.; Gostomzyk, J. (1988): Morbidity and mortality of myocardial infarction in the MONICA study area Augsburg in 1985. Soz. Praeventivmed. 33,1, 17-21
- Maschke, C.; T. Rupp; K. Hecht (2000): The Influence of Stressors on Biochemical Reactions – A review of the present scientific findings with noise. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 203, S. 45-53

- Michaelis, D. (1991): Gesundheitsstatistische Erkenntnisse aus der Epidemiologie des Diabetes mellitus. Unterschiede im Gesundheitszustand der Bevölkerung in Ost-Westdeutschland? Zentralinstitut für die kassenärztliche Versorgung in der Bundesrepublik Deutschland, Erfurt
- Neus, H., Eiff, A.W.v., Rüddel, H., Schulte, W. (1983). Traffic noise and hypertension. The Bonn traffic noise study. In Proceedings of the Fourth International Congress on Noise as a Public Health Problem, Turin 1983. Rossi G., ed. Edizioni Tecniche a cura del Centro Ricerche e Studi Amplifon, Milano, pp 693-698 (vol 1).
- Passchier-Vermeer, W. (1993): Noise and health, Gezondheidsraad, The Hague A93/20E
- Porter, N.D.; I.H. Flindell; B.F. Berry (1998): Health effect-based noise assessment methods: a review and feasibility study. Report CMAM 16. NPL National Physical Laboratory, Teddington, UK
- Rabin et al. 1989
- Reimer, C.; L. Hempfing; B. Dahme (1979): Iatrone Chronifizierung in der Vorbehandlung psychogener Erkrankungen. Praxis Psychother. Psychosom. 24, S. 123-133
- Schedlowski, M.; R. J. Benschap (1996a): *Neuroendokrines System und Immundefunktion*. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin, Oxford
- Scheuch, K., Jansen, G. (1999). Medizinisches Gutachten über die Auswirkungen des Fluglärms im Rahmen der vorgesehenen Änderung der Nachtflugregelung für den Flughafen München.
- Schönpflug, W.; Schäfer M. (1962): Retention und Aktivierung bei akustischer Zusatzreizung. Zeitschrift für experimentell angewandte Psychologie 9
- Schoknecht, G.; Thefeld, W. (1985): Der Spandauer Gesundheitstest – Ergebnisse der Erstuntersuchung 1982/1983. SozEp Hefte 1/1985. Institut für Sozialmedizin und Epidemiologie des Bundesgesundheitsamtes
- Schulze, B., Ullmann, R., Mörsstedt, R., Baumbach, W., Halle, S., Liebmann, G., Schnieke, C., Gläser, O. (1983). Verkehrslärm und kardiovaskuläres Risiko: Eine epidemiologische Studie. Dt. Gesundh.-Wesen 38, 596-600
- Schweisfurth (2002): Umwelteinflüsse und Lungenerkrankungen. Vortrag im Rahmen des 51. Deutschen Ärztekongress, Berlin
- Stark, H.; G. Enderlein; G. Heuchert; N. Kersten; A-M. Wetzel (1998): Streß am Arbeitsplatz und Herz-Kreislauf-Krankheiten. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Fb 802
- von Uexküll, Th.; W. Wesiak (1990): Wissenschaftstheorie und Psychosomatische Medizin. Ein biopsychosoziales Modell. In: Th. von Uexküll: *Psychosomatische Medizin*, Urban Schwarzenberg, München, Wien, Baltimore, S. 5-38
- Wittchen, H.-W.; P. Schuster; H. Pfister; N. Müller; S. Storz; B. Isensee (1999a): Depressionen in der Allgemeinbevölkerung – Schlecht erkannt und selten behandelt. *Nervenheilkunde* 18/4, S. 202-209
- Wittchen, H.-W.; P. Schuster; H. Pfister, F. Ganaer; N. Müller (1999b): Warum werden Depressionen häufig nicht erkannt und selten behandelt? Patientenverhalten und Erklärungswert von „Sisi-Merkmalen“. *Nervenheilkunde* 18/4, S. 210-217
- Woodhouse, A.; P.D. Drummond (1993): Mechanisms of increased sensitivity to noise and light in migraine headache. *Cephalgia* 13, 417-421
- WHO (1978): Arterial hypertension. Report of a WHO Expert Committee. Technical Report Series 628, Geneva
- WHO-ISH (1999): World Health Organization- International Society of Hypertension. Guidelines for management of hypertension. *J. Hypertens.* 17, S. 151-183

## Anhang

- Ehling, M./von der Heyde, C./Hoffmeyer-Zlotnik, J.H.P./Quitt, H., (1992): Eine deutsche Standarddemographie. ZUMA-Nachrichten 16 (Heft 31): 29-46. Ebenfalls erschienen in: ASI-News 15/1992: 20-37.

- Handl, J., (1977): Sozio-ökonomischer Status und der Prozeß der Statuszuweisung – Entwicklung und Anwendung einer Skala. S. 101 – 153 In: J. Handl K.U. Mayer W Müller, Klassenlagen und Sozialstruktur. Frankfurt a.M, New York: Campus.
- Hoffmeyer-Zlotnik, J.H.P., (1993): Operationalisierung von "Beruf" als zentrale Variable zur Messung von sozio-ökonomischem Status. ZUMA-Nachrichten 17 (Heft 32): 135-141
- ILO – International Labour Office, (1986): International Standard Classification of Occupations. Revised Edition 1968. 5. Auflage, Genf
- ILO (1995): Internationale Arbeitsorganisation der UNO. In: A. Huber: Stressmanagement. Psychologie Heute, S. 20-29
- StaBu – Statistisches Bundesamt, (1971): Internationale Standardklassifikation der Berufe, deutsche Ausgabe 1968. Stuttgart und Mainz: Kohlhammer.
- Tegtmeyer, H., (1976a): Die soziale Schichtung der Erwerbstätigen in der Bundesrepublik. Wieder abgedruckt S. 49-69 in: Ders. (Hg.), 1979: Soziale Strukturen und individuelle Mobilität. Schriftenreihe des Bundesinstitut, für Bevölkerungsforschung, Band 6. Boppart: Boldt.
- Tegtmeyer, H., (1976b): Das Sozialprestige beruflicher Gruppierungen: Skalierungsmethoden und Daten für die Bundesrepublik Deutschland. In: Ders (Hrsg.), Soziale Strukturen und individuelle Mobilität. Schriftenreihe des Bundesinstituts für Bevölkerungsforschung, Band 6. Boppart: Boldt, 1979, 71-94
- Wolf, C. (1995). Sozio-ökonomischer Status und berufliches Prestige. Ein kleines Kompendium sozialwissenschaftlicher Skalen auf Basis der beruflichen Stellung und Tätigkeit. ZUMA Nachrichten, 102-136.



# 14 ANHANG

## 14.1 Skalen des sozio-ökonomischen Status

In der Literatur finden sich eine Vielzahl von unterschiedlichen Skalen zur Quantifizierung des sozio-ökonomischen Status. Diese Skalen basieren im wesentlichen auf zwei, analytisch zu unterscheidenden, Konzeptionen. Eine große Gruppe der Skalen misst den sozio-ökonomischen Status, anhand von berufsbedingten materiellen Aspekten, eine andere Gruppe misst das Berufsprestige, also das mit dem Beruf verbundene Ansehen.

Von den Skalen auf der Basis beruflicher Tätigkeiten wird zur Zeit noch immer die Internationale Klassifikation der Berufe (International Standard Classification of Occupations, ISCO in der Fassung von 1968 verwendet [ISCO 1968]. Diese Klassifikation wurde unter der Schirmherrschaft des Internationalen Arbeitsamtes (International Labour Organisation, ILO [ILO]) von einer multinational zusammengesetzten. Expertenkommission entwickelt. ISCO-68 führt über 1.500 verschiedene Berufsgattungen auf [ILO 1986]. Eine Berufsgattung in der ISCO ist eine Gruppe von Berufstätigkeiten, die untereinander durch die Ähnlichkeit der Merkmale der zu ihnen gehörenden Arbeitsverrichtungen verwandt sind." [StaBu 1971] Das grundlegende Klassifikationsprinzip von ISCO-68 ist also die ausgeübte berufliche Tätigkeit.

Die Vorteile bei der Verwendung dieser Skalen besteht in der sehr differenzierten Messung. Der Nachteil dieser Skalen besteht darin, dass die berufliche Tätigkeit zunächst im Klartext oder als ISCO-Kode vorliegen muss. Dies ist für den SGS nicht der Fall.

Verfahren zur Bestimmung des sozio-ökonomischen Status auf Basis des Berufsprestiges der beruflichen Stellung finden sich in Deutschland bei Heinrich Tegtmeier [Tegtmeier 1976a, 1976b], Johann Handl [Handl 1977] sowie bei Karl Ulrich Mayer [Mayer 1977]. Als Datengrundlage zur Skalenkonstruktion verwenden diese Autoren die Daten der oben erwähnten Mikrozensus-Zusatzerhebung, MZU 71 [MZU 1971]. Dabei greifen sie jedoch jeweils auf unterschiedliche Teilmengen dieser Untersuchung zurück. Das Merkmal „Stellung im Beruf“ wird als geschlossene Frage erhoben. Bei der groben Klassifikation wird zwischen den sozialrechtlichen Kategorien Landwirte, freie Berufe, Selbständige, mithelfende Familienangehörige, Beamte, Angestellte und Arbeiter unterschieden. Eine feinere Klassifikation wurde erstmals bei der Mikrozensus-Zusatzerhebung "Berufliche und soziale Umschichtung der Bevölkerung" im April 1971 (im folgenden als MZU 71 bezeichnet). Obwohl diese Klassifikation in der amtlichen Statistik nicht mehr genutzt wird, ist sie mittlerweile – in leicht abgewandelter Form – zum Standardinstrument der empirischen Sozialforschung geworden [Ehling et al. 1992] und wird z.B. regelmäßig im ALLBUS oder im Sozialwissenschaften-Bus eingesetzt. Die feinere Klassifikation unterscheidet bei den Landwirten, den Angehörigen freier Berufe und den Selbständigen nach der Betriebsgröße bzw. nach der Zahl der Beschäftigten, bei den Beamten nach dem Laufbahntyp, bei den

Angestellten nach dem Autonomiegrad ihrer Tätigkeit und bei den Arbeitern nach dem Grad ihrer Ausbildung. In der von Wolf [Wolf 1995] veröffentlichten Form unterscheidet die feine Klassifikation 26 verschiedene Stellungen im Beruf (im folgenden als StiB bezeichnet). Schließlich hat Jürgen Hoffmeyer-Zlotnik [Hoffmeyer-Zlotnik 1993] einen Index vorgeschlagen, der ebenfalls aus der beruflichen Stellung abgeleitet ist.

Der HZ Index beruht ebenfalls auf der Feinklassifikation der beruflichen Stellung. Im Gegensatz zu den anderen Instrumenten ist der Index von Hoffmeyer-Zlotnik jedoch nicht das Ergebnis eines Skalierungsprozesses, sondern eine theoretisch begründete Zusammenfassung der StiB- Kategorien nach dem Grad ihrer Handlungsautonomie. Die Gruppierung erfolgt in fünf ordinal geordneten Kategorien von 1 „niedrige Autonomie des Handelns“ (z.B. ungelernte Arbeiter) bis 5 „hohe Autonomie des Handelns“ (z.B. Angestellte mit umfassenden Führungsaufgaben). Eine analytischen Differenzierung des Berufsprestige fehlt bei diesem Index. Dass diese Maßzahl dennoch angewandt wird, hat zwei Gründe: Zum einen ist sie leicht aus StiB rekonstruierbar, zum anderen haben eine Reihe von empirischen Analysen gezeigt, dass sie sich im Vergleich mit den anderen Skalen gut bewährt.

In Tab. 14.1 sind die Bezeichnungen und Quellen ausgewählter Skalen zusammengefasst.

Tab. 14.1 Namen und Herkunft ausgewählter Skalen (Quelle: Wolf 1995)

Kürzel	Konstrukt / Bezeichnung	Basis	Autor
SIOPS	Standard international Occupational Prestige Scale	ISCO	Treimann [1977, 1979]
MPS	Magnitude Prestige Scale	ISCO	Wegener [1988]
ISEI	International Socio-Economic Index	ISCO	Ganzeboom et al. [1992]
ISES	Sozio-ökonomischer Status	STIB	Tegtmeier [1976a]
TBP	Berufsprestige	STIB	Tegtmeier [1976b]
HSES	Sozio-ökonomischer Status	STIB	Handl [1977]
MBP	Berufsprestige	STIB	Mayer [1977]
HZA	Autonomie der Tätigkeit	STIB	Hoffmeyer-Zlotnik [1993]

ISCO: International Standard Classification of Occupations

StiB: Stellung im Beruf

### 14.1.1 Die Korrelation der verschiedenen Skalen

Zur Entscheidung welche Skala eingesetzt werden soll, sind die empirischen Beziehungen zwischen den Skalen von Bedeutung. Entsprechende Analysen können auf zwei verschiedenen Ebenen erfolgen. Zum einen können die einzelnen Berufsgruppen bzw. beruflichen Stellungen als Analyseebene verwendet werden. Zum anderen können die Korrelationen zwischen den Skalen auf der Ebene von Personen untersucht werden. Tab. 14.2 enthält die Korrelationen der Skalen für ein ausgewähltes Personenkollektiv.

Tab. 14.2 Korrelationen der Skalen auf der Ebene von Personen (Quelle: Wolf 1995)

	SIOPS	MPS	ISEI	TSES	TBP	HSES	MBP	HZA
SIOPS	1							
MPS	0,86	1						
ISEI	0,84	0,87	1					
TSES	0,61	0,65	0,64	1				
TBP	0,60	0,66	0,65	0,98	1			
HSES	0,63	0,71	0,71	0,93	0,94	1		
MBP	0,64	0,71	0,73	0,90	0,92	0,96	1	
HZA	0,58	0,63	0,62	0,96	0,97	0,90	0,89	1

Die Korrelationen beziehen sich auf Vollzeitbeschäftigte mit gültigen und vollständigen Angaben zu ISCO bzw. StiB (N zwischen 7570 und 8817)

Die Tabelle zeigt einen engen Zusammenhang zwischen allen auf StiB basierenden Skalen. Aber auch SIOPS, MPS und ISEI weisen mit Korrelationskoeffizienten zwischen 0,84 und 0,87 gute Übereinstimmung auf. Dagegen sind die Korrelationen zwischen StiB basierten Skalen und den ISCO Skalen geringer. Größere Abweichungen zeigen sich insbesondere bei den Landwirten [Wolf 1995]. Es sei an dieser Stelle bereits vermerkt, dass der Beruf des Landwirtes im SGS nicht vorhanden ist.

Aggregiert man die ISCO Skalen durch Mittelwertbildung auf die Klassifikation der beruflichen Stellung, ergeben sich deutlich höhere Korrelationen. Sie liegen über 0.8 und mehrheitlich über 0,9 [Wolf 1995].

Schließlich ist noch hervorzuheben, dass der einfache Index von Hoffmeyer-Zlotnik (HZI) erstaunlich hohe Korrelationen zu den anderen Instrumenten aufweist. Es finden sich empirisch kaum Hinweise auf die Überlegenheit einer einzelnen Skala.

## 14.2 Fragebögen

### 14.2.1 Standardbefragung

#### FRAGEBOGEN FÜR PROBANDEN DES SGT's

Untersuchungsreihe.

--	--	--	--	--

Probanden-Nr.

--	--	--	--	--

**1. Sind Sie bereits im Rahmen dieser Untersuchungsaktion untersucht worden?**

Ja \_\_\_\_\_ ( ) 1

Nein \_\_\_\_\_ ( ) 2

**2. Welchen Schulabschluß haben Sie?**

Falls Sie mehrere Abschlüsse haben, nennen Sie nur den höchsten!

Hauptschulabschluß /Volksschulabschluß \_\_\_\_\_ ( ) 1

Realschulabschluß mittlere Reife \_\_\_\_\_ ( ) 2

Abschluß Polytechnische Oberschule 10. Klasse (vor 1965: 8. Klasse) \_\_\_\_\_ ( ) 3

Fachhochschulreife (Abschluß einer Fachoberschule) \_\_\_\_\_ ( ) 4

Allgemeine oder fachgebundene Hochschulreife (Gymnasium bzw. EOS ) \_\_\_\_\_ ( ) 5

Anderer Schulabschluß \_\_\_\_\_ ( ) 6

Schule beendet ohne Abschluß \_\_\_\_\_ ( ) 7

Noch keinen Schulabschluß \_\_\_\_\_ ( ) 8



**3. Haben Sie eine abgeschlossene Berufsausbildung oder Hochschulausbildung?,**

Wenn ja: welche? Falls Sie mehrere Abschlüsse haben, nennen Sie nur den höchsten!

- Lehre (beruflich-betriebliche Ausbildung) \_\_\_\_\_ ( ) 1
- Berufsfachschule, Handelsschule (beruflich-schulische Ausbildung) \_\_\_\_\_ ( ) 2
- Fachschule (z.B. Meister-, Technikerschule, Berufs- oder, Fachakademie) \_\_\_\_\_ ( ) 3
- Fachhochschule, Ingenieurschule \_\_\_\_\_ ( ) 4
- Universität, Hochschule \_\_\_\_\_ ( ) 5
- Anderen Ausbildungsabschluß \_\_\_\_\_ ( ) 6
- Kein beruflicher Abschluß (und nicht in der Ausbildung) \_\_\_\_\_ ( ) 7
- Noch in beruflicher Ausbildung (Auszubildender, Student/in) \_\_\_\_\_ ( ) 8

**4. Welche der folgenden Angaben trifft auf Ihre derzeitige Situation zu?**

Voll erwerbstätig (jeden Arbeitstag ganztätig, auch wenn im Familienbetrieb,

nicht Lehrling) \_\_\_\_\_ ( ) 1

Teilweise erwerbstätig (halbtags, täglich einige Stunden, einige Tage pro

Woche, auch wenn im Familienbetrieb, nicht Lehrling) \_\_\_\_\_ ( ) 2

Arbeitslos \_\_\_\_\_ ( ) 3

Empfänger von Sozialhilfe \_\_\_\_\_ ( ) 4

Altershalber berentet / Pensionier \_\_\_\_\_ ( ) 5

Vorzeitig berentet / pensioniert aus gesundheitlichen Gründen \_\_\_\_\_ ( ) 6

Nicht erwerbstätig, war aber früher einmal erwerbstätig

(keine Rente /Pension) z.B. Hausfrau\* \_\_\_\_\_ ( ) 7

In Berufsausbildung, als Auszubildender \_\_\_\_\_ ( ) 8

In sonstiger Berufsausbildung (z.B. Fachschule) \_\_\_\_\_ ( ) 9

In Schulausbildung \_\_\_\_\_ ( ) 10

In Hochschulausbildung \_\_\_\_\_ ( ) 11

Noch nie erwerbstätig gewesen und zur Zeit auch nicht in

Ausbildung (gleich weiter zu Frage 8) \_\_\_\_\_ ( ) 12

**5. Welche der folgenden Berufsgruppen trifft auf Ihren jetzigen bzw. zuletzt ausgeübten Beruf zu?**

Arbeiter \_\_\_\_\_ ( ) 1

Facharbeiter \_\_\_\_\_ ( ) 2

Angestellter \_\_\_\_\_ ( ) 3

Angestellter mit verantwortlicher leitender Tätigkeit (z.B. wissenschaftlicher

Mitarbeiter, Abteilungsleiter, Prokurist) \_\_\_\_\_ ( ) 4

Beamter \_\_\_\_\_ ( ) 5

Selbständiger \_\_\_\_\_ ( ) 6

Freier Beruf, selbständiger Akademiker \_\_\_\_\_ ( ) 7

Mithelfender Familienangehörige \_\_\_\_\_ ( ) 8

Nichts davon trifft zu \_\_\_\_\_ ( ) 9

**6. Welche der folgenden Möglichkeiten trifft auf Ihre berufliche Arbeit bzw. Ihre sonstige Hauptbeschäftigung zu?**

**Bei meiner Hauptbeschäftigung**

sitze ich vorwiegend \_\_\_\_\_ ( ) 1

stehe ich vorwiegend \_\_\_\_\_ ( ) 2

bewege ich mich viel \_\_\_\_\_ ( ) 3

Sitzen, Stehen, Bewegen kommen etwa gleich oft vor \_\_\_\_\_ ( ) 4

**7. Welche der folgenden Bedingungen treffen auf Ihre derzeitige bzw. letzte Berufstätigkeit zu?**

- Überstunden, lange Arbeitszeit\_\_\_\_\_ ( ) 1
- Reine Nachtarbeit\_\_\_\_\_ ( ) 2
- Wechselschicht mit Nachtarbeit\_\_\_\_\_ ( ) 3
- Wechselschicht ohne Nachtarbeit\_\_\_\_\_ ( ) 4
- Akkord- oder Stückarbeit\_\_\_\_\_ ( ) 5
- Lärm\_\_\_\_\_ ( ) 6
- Hitze, Kälte, Nässe\_\_\_\_\_ ( ) 7
- Fensterlose Arbeitsräume zB. Kaufhaus\_\_\_\_\_ ( ) 8
- Künstliches Licht\_\_\_\_\_ ( ) 9
- Nichts davon trifft / traf zu\_\_\_\_\_ ( ) 10

**8. Wo nehmen Sie an Werktagen normalerweise die Hauptmahlzeit ein?**

- Zu Hause\_\_\_\_\_ ( ) 5
- In einer Kantine\_\_\_\_\_ ( ) 5
- Im Restaurant\_\_\_\_\_ ( ) 5
- Im Schnellimbiss\_\_\_\_\_ ( ) 5
- Nicht zu Hause, aber etwas von zu Hause Mitgebrachtes\_\_\_\_\_ ( ) 5
- Wechselnd\_\_\_\_\_ ( ) 5

**9. Berücksichtigen Sie bei der Auswahl Ihrer Ernährung Ihre Gesundheit?**

Ja\_\_\_\_\_ ( ) 1

Nein\_\_\_\_\_ ( ) 2

**10. Trinken Sie Alkohol?**

regelmäßig\_\_\_\_\_ ( ) 1

gelegentlich\_\_\_\_\_ ( ) 2

nie\_\_\_\_\_ ( ) 3

**11. Wieviel Flüssigkeit nehmen Sie an einem Tag durchschnittlich zu sich?****Bitte kreuzen Sie es für die einzelnen Getränkegruppen gesondert an.****Milch, Mineralwasser, Limonade, Säfte, Leitungswasser o.ä.**

mehr als 2 Liter\_\_\_\_\_ ( ) 1

1 – 2 Liter\_\_\_\_\_ ( ) 2

 $\frac{1}{2}$  - 1 Liter\_\_\_\_\_ ( ) 3weniger als  $\frac{1}{2}$  Liter\_\_\_\_\_ ( ) 4

trinke nie oder nur selten derartige Getränke\_\_\_\_\_ ( ) 5

**Kaffee / Tee**

mehr als 6 Tassen\_\_\_\_\_ ( ) 1

5 – 6 Tassen\_\_\_\_\_ ( ) 2

3 – 4 Tassen\_\_\_\_\_ ( ) 3

1 – 2 Tassen\_\_\_\_\_ ( ) 4

trinke nie oder nur selten Kaffee Tee\_\_\_\_\_ ( ) 5

**Bier**

mehr als 2 Liter\_\_\_\_\_ ( ) 1

1 – 2 Liter\_\_\_\_\_ ( ) 2

 $\frac{1}{2}$  – 1 Liter\_\_\_\_\_ ( ) 3weniger als  $\frac{1}{2}$  Liter\_\_\_\_\_ ( ) 4

trinke nie oder nur selten Bier\_\_\_\_\_ ( ) 5

**Wein Sekt**

mehr als 1 Liter \_\_\_\_\_ ( ) 1

 $\frac{1}{2}$  – 1 Liter \_\_\_\_\_ ( ) 2 $\frac{1}{4}$  –  $\frac{1}{2}$  Liter \_\_\_\_\_ ( ) 3weniger als  $\frac{1}{4}$  Liter \_\_\_\_\_ ( ) 4

trinke nie oder nur selten Wein Sekt \_\_\_\_\_ ( ) 5

**Hochprozentige alkoholische Getränke (Rum, Weinbrand, Liköre, klare Schnäpse u.ä.)**

mehr als 12 kleine Gläser \_\_\_\_\_ ( ) 1

7 – 12 kleine Gläser \_\_\_\_\_ ( ) 2

4 – 6 kleine \_\_\_\_\_ ( ) 3

1 – 3 kleine \_\_\_\_\_ ( ) 4

trinke nie oder nur selten hochprozentige alkoholische Getränke \_\_\_\_\_ ( ) 5

**NUN EINIGE FRAGEN ZUM RAUCHEN****12. Was davon trifft auf Sie zu?**

Rauche zur Zeit regelmäßig \_\_\_\_\_ ( ) 1

Rauche nicht mehr, habe aber früher regelmäßig geraucht \_\_\_\_\_ ( ) 2

habe noch nie regelmäßig geraucht (weiter zu Frage 18 ) \_\_\_\_\_ ( ) 3

**13. In welchem Alter haben Sie angefangen, regelmäßig zu, rauchen?**

mit \_\_\_\_\_ Jahren

**14. Inhalieren Sie beim Rauchen bzw. haben Sie früher beim Rauchen inhaliert?**

Ja, immer \_\_\_\_\_ ( ) 1

Ja, manchmal \_\_\_\_\_ ( ) 2

nein \_\_\_\_\_ ( ) 3

**15. Wie viel rauchen Sie jetzt gewöhnlich pro Tag bzw. wie viel haben Sie gewöhnlich pro Tag geraucht, bevor Sie aufgehört haben?**

Anzahl.Zigaretten \_\_\_\_\_ pro Tag

Anzahl Zigarillos / Zigarren / Pfeifen \_\_\_\_\_ pro Tag

NUR VON RAUCHERN ZU BEANTWORTEN:

**16. Haben Sie in den letzten 12 Monaten versucht, das Rauchen aufzugeben?**

Ja \_\_\_\_\_ ( ) 1

Nein, aber ich habe daran gedacht, aufzuhören \_\_\_\_\_ ( ) 2

Nein, und ich habe auch nicht daran gedacht, aufzuhören \_\_\_\_\_ ( ) 3

NUR VON EHEMALIGEN RAUCHERN ZU BEANTWORTEN:

**17. Wie lange ist es jetzt her, seit Sie mit dem Rauchen aufgehört haben?**

Weniger als 1 Monat \_\_\_\_\_ ( ) 1

ca. 1 – 3 Monate \_\_\_\_\_ ( ) 2

ca. 4 – 6 Monate \_\_\_\_\_ ( ) 3

ca. 7 – 12 Monate \_\_\_\_\_ ( ) 4

1 Jahr und \_\_\_\_\_ ( ) 5

**18. Wie stark achten Sie auf Ihre Gesundheit?**

- sehr stark \_\_\_\_\_ ( ) 1
- stark \_\_\_\_\_ ( ) 2
- weniger stark \_\_\_\_\_ ( ) 3
- mittelmäßig \_\_\_\_\_ ( ) 4
- gar nicht \_\_\_\_\_ ( ) 5

**19. Wie würden Sie im großen und ganzen Ihren Gesundheitszustand beschreiben?  
Würden Sie sagen, er ist zur Zeit**

- sehr gut \_\_\_\_\_ ( ) 1
- gut \_\_\_\_\_ ( ) 2
- zufriedenstellend \_\_\_\_\_ ( ) 3
- weniger gut \_\_\_\_\_ ( ) 4
- schlecht \_\_\_\_\_ ( ) 5

**20. Wie oft betreiben Sie Sport?**

- Regelmäßig mehr als 4 Stunden in der Woche \_\_\_\_\_ ( ) 1
- Regelmäßig 2-4 Stunden in der Woche \_\_\_\_\_ ( ) 2
- Regelmäßig 1 – 2 Stunden in der Woche \_\_\_\_\_ ( ) 3
- Weniger als 1 Stunde in der Woche \_\_\_\_\_ ( ) 4
- Keine sportliche Betätigung (weiter mit Frage 22) \_\_\_\_\_ ( ) 5

**21. Welche der folgenden Beschreibungen trifft am ehesten für Ihre Sportarten zu?**

- Wenig körperliche Anstrengung (keine erhöhte Herzfrequenz, kaum Schwitzen) \_\_\_\_\_ ( ) 1
- Mäßige körperliche Anstrengung (leicht erhöhte Herzfrequenz, und/oder Schwitzen) \_\_\_\_\_ ( ) 2
- Starke körperliche Anstrengung (stark erhöhte Herzfrequenz, und/oder Schwitzen) \_\_\_\_\_ ( ) 3

**22. Hat ein Arzt bei Ihnen eine der folgenden Krankheiten oder Gesundheitsstörungen festgestellt?**

Bluthochdruck, Hypertonie \_\_\_\_\_ ( ) 1

Durchblutungsstörungen am Herzen, Verengung der Herzkranzgefäße,

Angina pectoris \_\_\_\_\_ ( ) 2

Herzinfarkt \_\_\_\_\_ ( ) 3

Herzschwache, Herzasthma, Herzinsuffizienz \_\_\_\_\_ ( ) 4

Durchblutungsstörungen an den Beinen, arterielle Verschlusskrankheit,

"Schaufensterkrankheit" \_\_\_\_\_ ( ) 5

Krampfadern, "offenes Bein", Venenthrombose \_\_\_\_\_ ( ) 6

Schlaganfall \_\_\_\_\_ ( ) 7

Durchblutungsstörungen des Gehirns (nur wenn sie bei Ihnen mit Lähmungen,  
Gefühlsstörungen oder Sprachstörungen einhergingen und nicht durch Migräne

bedingt waren \_\_\_\_\_ ( ) 8

andere Krankheiten des Herz/Kreislaufsystems \_\_\_\_\_ ( ) 8.1

Blutarmut, Eisenmangel \_\_\_\_\_ ( ) 9

Migräne \_\_\_\_\_ ( ) 10

Chronische Bronchitis \_\_\_\_\_ ( ) 11

Lungen-, Bronchialasthma \_\_\_\_\_ ( ) 12

andere Lungenkrankheiten \_\_\_\_\_ ( ) 12.1

Magenschleimhautentzündung, Gastritis \_\_\_\_\_ ( ) 13

Magen- oder Zwölffingerdarmgeschwür, Ulcuskrankheit \_\_\_\_\_ ( ) 14

andere Magen / Darmkrankheiten \_\_\_\_\_ ( ) 14.1

Gallenblasenentzündung, Gallensteine \_\_\_\_\_ ( ) 15



Leberentzündung, Hepatitis, ansteckende Gelbsucht _____	( ) 16
Leberschrumpfung, Leberzirrhose _____	( ) 17
andere Krankheiten der Leber, Gallenblase oder Gallenwege _____	( ) 17.1
Nierenbeckenentzündung, Pyelonephritis _____	( ) 18
Nierenkolik Nierensteine _____	( ) 19
andere Krankheiten der Niere, Harnwege oder Blase (Prostata) _____	( ) 19.1
Bei Frauen: Krankheiten von Gebärmutter, Eierstöcken oder	
Eileitern (außer Krebskrankheiten.) _____	( ) 20
Schilddrüsenkrankheiten (z.B. Kropf) _____	( ) 21
Zuckerkrankheit, Diabetes mellitus <u>mit</u> Insulinbehandlung _____	( ) 22
Zuckerkrankheit, Diabetes mellitus. <u>ohne</u> Insulinbehandlung _____	( ) 23
Gicht oder Harnsäureerhöhung _____	( ) 24
Erhöhte Blutfette, erhöhtes Cholesterin _____	( ) 25
Gelenkverschleiß, Arthrose der Hüft- oder Kniegelenke _____	( ) 26
Entzündliche Gelenk- oder Wirbelsäulenerkrankung (z.B. chronische Polyarthritis,	
Rheumatoidarthritis, Morbus Bechterew, Schuppenflechtenarthritis) _____	( ) 27
Bruch der Hüfte, Oberschenkelfraktur _____	( ) 28
Bruch des Unterarms, Radiusfraktur _____	( ) 29
andere Knochenbrüche und zwar: _____	( ) 29.1
andere Krankheiten des Bewegungsapparates _____	( ) 30
Psychische Erkrankung (z.B. Angstzustände, Eßstörung, Depression, Psychose) _____	( ) 31
Sucht- oder Abhängigkeitserkrankungen (Medikamente, Drogen, Alkohol) _____	( ) 32

Krebserkrankungen bösartiger Tumor (einschließlich Blutkrebs) \_\_\_\_\_ ( ) 33

und zwar:

Hautkrankheiten \_\_\_\_\_ ( ) 34

**23. Haben Sie aufgrund unserer Untersuchungsergebnisse eine ärztliche Behandlung**

beibehalten? \_\_\_\_\_ ( ) 1

begonnen? \_\_\_\_\_ c

beendet? \_\_\_\_\_ ( ) 3

Nichts davon trifft zu? \_\_\_\_\_ ( ) 4

**24. Waren Sie seit der letzten Untersuchung (seit 2 Jahren) wegen einer oder mehreren dieser Krankheiten in ärztlicher Behandlung?**

Bluthochdruck, Hypertonie \_\_\_\_\_ ( ) 1

Durchblutungsstörungen am Herzen, Verengung der Herzkranzgefäße,

Angina pectoris \_\_\_\_\_ ( ) 2

Herzinfarkt \_\_\_\_\_ ( ) 3

Herzschwache, Herzasthma, Herzinsuffizienz \_\_\_\_\_ ( ) 4

Durchblutungsstörungen an den Beinen, arterielle Verschlusskrankheit,

"Schaufensterkrankheit" \_\_\_\_\_ ( ) 5

Krampfadern, "offenes Bein", Venenthrombose \_\_\_\_\_ ( ) 6

Schlaganfall \_\_\_\_\_ ( ) 7

Durchblutungsstörungen des Gehirns (nur wenn sie bei Ihnen mit Lähmungen,

Gefühlsstörungen oder Sprachstörungen einhergingen und nicht durch Migräne

bedingt waren \_\_\_\_\_ ( ) 8

andere Krankheiten des Herz/Kreislaufsystems \_\_\_\_\_ ( ) 8.1

Blutarmut, Eisenmangel _____	( ) 9
Migräne _____	( ) 10
Chronische Bronchitis _____	( ) 11
Lungen-, Bronchialasthma _____	( ) 12
andere Lungenkrankheiten _____	( ) 12.1
Magenschleimhautentzündung, Gastritis _____	( ) 13
Magen- oder Zwölffingerdarmgeschwür, Ulcuskrankheit _____	( ) 14
andere Magen / Darmkrankheiten _____	( ) 14.1
Gallenblasenentzündung, Gallensteine _____	( ) 15
Leberentzündung, Hepatitis, ansteckende Gelbsucht _____	( ) 16
Leberschrumpfung, Leberzirrhose _____	( ) 17
andere Krankheiten der Leber, Gallenblase oder Gallenwege _____	( ) 17.1
Nierenbeckenentzündung, Pyelonephritis _____	( ) 18
Nierenkolik, Nierensteine _____	( ) 19
andere Krankheiten der Niere, Harnwege oder Blase (Prostata) _____	( ) 19.1
Bei Frauen: Krankheiten von Gebärmutter, Eierstöcken oder	
Eileitern (außer Krebskrankheiten.) _____	( ) 20
Schilddrüsenkrankheiten (z.B. Kropf) _____	( ) 21
Zuckerkrankheit, Diabetes mellitus <u>mit</u> Insulinbehandlung _____	( ) 22
Zuckerkrankheit, Diabetes mellitus. <u>ohne</u> Insulinbehandlung _____	( ) 23
Gicht oder Harnsäureerhöhung _____	( ) 24

- Erhöhte Blutfette, erhöhtes Cholesterin \_\_\_\_\_ ( ) 25
- Gelenkverschleiß, Arthrose der Hüft- oder Kniegelenke \_\_\_\_\_ ( ) 26
- Entzündliche Gelenk- oder Wirbelsäulenerkrankung (z.B. chronische Polyarthritis, Rheumatoidarthrititis, Morbus Bechterew, Schuppenflechtenarthritis) \_\_\_\_\_ ( ) 27
- Bruch der Hüfte, Oberschenkelfraktur \_\_\_\_\_ ( ) 28
- Bruch des Unterarms, Radiusfraktur \_\_\_\_\_ ( ) 29
- andere Knochenbrüche und zwar: \_\_\_\_\_ ( ) 29.1
- andere Krankheiten des Bewegungsapparates \_\_\_\_\_ ( ) 30
- Psychische Erkrankung (z.B. Angstzustände, Eßstörung, Depression, Psychose) \_\_\_\_\_ ( ) 31
- Sucht- oder Abhängigkeitserkrankungen (Medikamente, Drogen, Alkohol) \_\_\_\_\_ ( ) 32
- Krebserkrankungen, bösartiger Tumor (einschließlich Blutkrebs) \_\_\_\_\_ ( ) 33
- und zwar:
- Hautkrankheiten \_\_\_\_\_ ( ) 34

- 25. Haben oder hatten Sie ein juckendes Ekzem, besonders in den Ellenbeugen oder Kniekehlen (Kontaktekzem, z.B. auf unechten Schmuck oder Hautreaktionen auf Medikamente sind nicht gemeint)?**

Ja \_\_\_\_\_ ( ) 1

Nein \_\_\_\_\_ ( ) 2

- 26. Leiden oder litten Sie an allergischem Asthma, z.B. mit Rustenattacken und/oder pfeifender Atmung und/oder Luftnot?**

Ja \_\_\_\_\_ ( ) 1

Nein \_\_\_\_\_ ( ) 2

27. **Haben oder hatten Sie einen Heuschnupfen (allergischen Schnupfen, allergische Bindehautentzündung)?**

Ja \_\_\_\_\_ ( ) 1

Nein \_\_\_\_\_ ( ) 2

28. **Besteht bei Ihnen eine Allergie gegen bestimmte Lebensmittel?**

Ja \_\_\_\_\_ ( ) 1

Nein \_\_\_\_\_ ( ) 2

29. **Wurde bei Ihnen ein Allergietest vorgenommen?.**

Ja \_\_\_\_\_ ( ) 1

Nein \_\_\_\_\_ ( ) 2

Bitte weiter mit Frage 31

30. **Wenn ja, gegen welche Substanzen war der Test positiv?**

Blütenstaub: (Pollen) \_\_\_\_\_ ( ) 1

Tiere \_\_\_\_\_ ( ) 2

Schimmelpilze \_\_\_\_\_ ( ) 3

Hausstaub (Milben) \_\_\_\_\_ ( ) 4

Lebensmittel \_\_\_\_\_ ( ) 5

Andere Stoffe \_\_\_\_\_ ( ) 6

Bei keiner \_\_\_\_\_ ( ) 7

31. **Ihr Familienstand:**

Verheiratet mit Ehepartner \_\_\_\_\_ Bitte weiter mit Frage 33 \_\_\_\_\_ ( ) 1

Verheiratet, vom Ehepartner getrennt lebend \_\_\_\_\_ ( ) 2

Ledig \_\_\_\_\_ ( ) 3

Geschieden \_\_\_\_\_ ( ) 4

Verwitwet \_\_\_\_\_ ( ) 5

**32. Leben Sie mit einem festen Partner / Ehepartner zusammen?**

Ja \_\_\_\_\_ ( ) 1

Nein \_\_\_\_\_ ( ) 2

Bitte weiter mit Frage 34

**33. Seit wann leben Sie zusammen?**

Seit 19 

--	--

**34. Mit wem können Sie sich in erster Linie über Ihre Probleme und über Dinge, die Sie beschäftigen, aussprechen?**

(Ehe-) Partner \_\_\_\_\_ ( ) 1

Familienangehörige \_\_\_\_\_ ( ) 2

Freund / Freundin \_\_\_\_\_ ( ) 3

Kollegen \_\_\_\_\_ ( ) 4

Nachbarn / Bekannte \_\_\_\_\_ ( ) 5

Mit Niemandem \_\_\_\_\_ ( ) 6

**35. Leiden Sie an Schlafstörungen?**

ja, Einschlafstörungen \_\_\_\_\_ ( ) 1

ja, Durchschlafstörungen \_\_\_\_\_ ( ) 2

nein \_\_\_\_\_ ( ) 3

**36. Haben Sie einen Hausarzt?**

Ja\_\_\_\_\_() 1

Nein\_\_\_\_\_() 2

**37. Haben Sie schon einmal an einer Krebsfrüherkennungsuntersuchung teilgenommen?****(Frauen ab 19 und Männer. ab 44 Jahren, einmal jährlich.)**

Ja\_\_\_\_\_() 1

Nein\_\_\_\_\_() 2

**38. Haben Sie an einer solchen Gesundheitsuntersuchung (sog.- Gesundheits- Check-up) schon einmal teilgenommen? (Ab 35 Jahren, alle 2 Jahre)**

Ja\_\_\_\_\_() 1

Nein\_\_\_\_\_() 2

## 14.2.2 Lärmfragbogen

Probanden-Nr.:

--	--	--	--	--	--

### 1. Wie stark fühlen Sie sich in ihrer Wohnung / Ihrem Haus durch folgende Lärmquellen am Tage gestört?

	nicht gestört	wenig gestört	mittelmäßig gestört	ziemlich gestört	sehr gestört
Straßenlärm.....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fluglärm.....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Schienenverkehrslärm.....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nachbarschaftslärm.....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Industrie- / Gewerbelärm..	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sonstiger Lärm.....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### 2. Wie stark fühlen Sie sich in ihrer Wohnung / Ihrem Haus durch folgende Lärmquellen in der Nacht gestört?

	nicht gestört	wenig gestört	mittelmäßig gestört	ziemlich gestört	sehr gestört
Straßenlärm.....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fluglärm.....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Schienenverkehrslärm.....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nachbarschaftslärm.....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Industrie- / Gewerbelärm..	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sonstiger Lärm.....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

welcher? \_\_\_\_\_



**3. Für Berufstätige**

Wie stark fühlen Sie sich an ihrem Arbeitsplatz durch Lärm gestört?

nicht gestört	wenig gestört	mittelmäßig gestört	ziemlich gestört	sehr gestört
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**4. Liegt Ihre Wohnung an einer durch Kraftfahrzeugverkehr.....**

.....extrem stark befahrene Haupt- oder Durchgangsstraße oder Autobahn?.....	<input type="radio"/>
.....stark befahrenen Haupt- oder Durchgangsstraße?.....	<input type="radio"/>
.....beträchtlich befahrenen Nebenstraße? .....	<input type="radio"/>
.....mäßig befahrenen Nebenstraße? .....	<input type="radio"/>
.....sehr wenig befahrenen Straße (Anliegerstraße, verkehrsberuhigte Zone).....	<input type="radio"/>

**Bei zwei oder drei angrenzenden Straßen bitte nur  
die am stärksten befahrene Straße angeben.**

**5. Seit wann wohnen Sie schon in ihrer derzeitigen Wohnung**

seit 19

**6. Hat Ihr Schlafrum Fenster zu der oben angegebenen Straße?**

Ja..... ☐                      Nein ..... ☐

**7. Schlafen Sie in der Regel das ganze Jahr über bei geschlossenen Fenstern?**

Ja..... ☐                      Nein ..... ☐

**8. Hat Ihr hauptsächlich genutzter Wohnraum Fenster zu der oben angegebenen Straße?**

Ja..... ☐

Nein ..... ☐

**9. Halten Sie die Fenster in der Regel das ganze Jahr über geschlossen, wenn Sie sich in ihrem hauptsächlich genutzten Wohnraum aufhalten?**

Ja..... ☐

Nein ..... ☐

**10. Zu den folgenden Aussagen 1.-9. interessiert uns ihre ganz persönliche Meinung.**

	stimmt genau	stimmt eher	stimmt eher nicht	stimmt gar nicht
1. Sich unterhalten macht keinen Spaß, wenn nebenbei das Radio läuft .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Ich bemerke störende Lärmquellen später als andere .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Ich vermeide laute Freizeitveranstaltungen wie z.B. Fußballspiele oder Jahrmarkt.....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Ich wache bei dem geringsten Geräusch auf .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Ich kann auch in lauter Umgebung schnell und Konzentriert arbeiten .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Wenn ich in der Stadt bin und einkaufe, überhöre ich den Straßenlärm .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Nach einem Abend in einem lauten Lokal fühle ich mich wie ausgelaugt .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. Wenn ich einschlafen will, stört mich kaum ein Geräusch .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Am Wochenende bin ich gern an ruhigen Orten .....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**11. Haben Sie einen Hörschaden?**Ja..... ☐Nein ..... ☐**12. Benutzen Sie ein Hörgerät?**Ja..... ☐Nein ..... ☐**Vielen Dank für die Beantwortung der Fragen**

Datum des Ausfülltages :

--	--

Tag

--	--

Monat

19 

--	--

Jahr

## 14.3 Briefe

### 14.3.1 Pegelmessungen

#### **Teilnahme an der Studie „Einfluss von Lärmstress auf das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose**

Liebe Teilnehmer/-Innen des Spandauer Gesundheitstest

zunächst möchten wir uns sehr herzlich bei Ihnen für Ihre Teilnahme an der **Lärmbefragung** bedanken.

Zur Ermittlung ihrer **subjektiven** Lärmbelastung haben sie bereits einen Fragebogen ausgefüllt. Um auch die **objektive** Lärmbelastung bei Ihnen präzise beurteilen zu können, sollen Schallpegelmessungen an der Außenseite des Fensters Ihres Schlafraumes durchgeführt werden, sofern Ihre Wohnbedingungen mit einem vorgegebenen Untersuchungsprofil übereinstimmen. Dazu benötigen wir Informationen über Ihr Schlafzimmer, die wir telefonisch erfragen möchten. Um Ihnen die Antworten zu erleichtern sind die Fragen nachfolgend aufgeführt.

1. In welcher Etage befindet sich Ihr Schlafzimmer?
2. Zeigen Ihre Schlafzimmerfenster eher zur:
  - Hauptstraße
  - Nebenstraße
  - offener Innenhof
  - geschlossener Innenhof

3. Wie lange wird der Raum als Schlafzimmer genutzt?
4. Wie stark fühlen Sie sich im Schlafzimmer durch Verkehrslärm gestört?

Es stehen fünf Antwortkategorien zur Verfügung.

Nicht	wenig	mittel	ziemlich	sehr
1	2	3	4	5

Sofern Ihre Wohnbedingungen dem Untersuchungsprofil entsprechen, wird ein hochpräzises Messmikrofon an der Außenseite des Fensters angebracht. Die Messeinrichtung zeichnet den Schalldruckpegel über einen Zeitraum von 24 Stunden auf. Ein Mitarbeiter des Robert Koch Instituts wird die Messeinrichtung zu einem mit Ihnen abgesprochenen Termin auf- und am darauf folgenden Tag wieder abbauen.

Neben der Kenntnis der Lärmbelastung ist eine Einschätzung der Luftqualität in der Wohnung erforderlich. Dazu ist zu prüfen, ob Anhaltspunkte für eine Belastung durch chemische Stoffe aus Baumaterialien, Einrichtungen, Wandfarben, Heizungssystemen oder ähnlichem bestehen. Aus diesen Gründen bitten wir Sie, unserem Mitarbeiter Auskunft zu erteilen und gegebenenfalls die Schallpegelmessung und eine Wohnungsbegehung zu gestatten. Im Zuge der Wohnungsbegehung würden wir dann um die Beantwortung wohnungsbezogener Fragen bitten und ein Begehungsprotokoll erstellen.

Selbstverständlich werden die Messungen und das Begehungsprotokoll nur mit Ihrem Einverständnis durchgeführt. Um ihre Wohnsituation und Ihr Einverständnis zu erfragen wird sich Herr **Thilo Leitmann** (Projektmitarbeiter des Robert-Koch-Instituts) nach dem 5. April telefonisch mit Ihnen in Verbindung setzen. Sollten sie telefonisch schwer zu erreichen sein, oder Fragen zu den geplanten Untersuchungen haben, steht Ihnen Herr Leitmann tagsüber unter der Berliner Rufnummer [.....] zur Verfügung.

Für Ihre Mitarbeit bedanken wir uns im Voraus und versichern Ihnen, dass Ihre Daten selbstverständlich den Datenschutzbestimmungen unterliegen. Eine Zuordnung des Namens (der Adresse) zu den erhobenen Daten ist nur bis zum Abschluss des Vorhabens möglich. Ergebnisse oder Berichte enthalten dementsprechend nur anonymisierte Daten.

Mit freundlichen Grüßen

Im Auftrag

## 14.3.2 Urinsammlung

### Teilnahme an der Studie „Einfluß von Lärmstreß auf das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose“

Liebe Probandin, lieber Proband,

Im Zusammenhang mit Ihrer Teilnahme an dem **Spandauer Gesundheitstest** haben Sie sich bereit erklärt, zusätzlich einen Lärm-Fragebogen auszufüllen. Zur weiteren Abklärung einer möglicherweise lärmbedingten Belastungssituation möchten wir in diesem Zusammenhang Ihren Urin auf Stressfaktoren untersuchen.

- Dazu eignet sich jedoch nur Urin, der über die Nachtstunden gesammelt worden ist, sogenannter **Nachtharn**. Die darin enthaltenen Stoffwechselprodukte sind sehr empfindlich. Daher ist es wichtig, dass Sie die folgenden **Hinweise zur Urinsammlung** genau befolgen.
- Unmittelbar vor dem Schlafengehen suchen Sie bitte noch einmal die Toilette auf. Dieser Urin wird noch nicht gesammelt!
- Danach beginnen Sie mit der Sammlung des Nachturins.
- Den gesamten Urin, den Sie in der Nacht lassen, geben Sie in die Sammelflasche<sup>1</sup>. Frauen sollten zur besseren Handhabung zuerst den mitgegebenen weißen Becher benutzen und dann den Becherinhalt in die Sammelflasche geben
- Zur Nachtharnsammlung gehört auch noch der erste Morgenurin nach dem Aufwachen. Erst mit diesem Urin zusammen ist die Nacht-Harn-Sammlung komplett.

Die Sammlung des Nachtharns muss in der Nacht vom **Montag zum Dienstag** erfolgen.

---

<sup>1</sup> **Achtung:** Die Sammelflasche enthält aus labortechnischen Gründen etwas Säure in geringer Konzentration.

Bitte nicht ausschütten und etwaige Spritzer auf Haut oder Kleidung sofort abwaschen. Für Kinder unzugänglich aufbewahren.

Bitte notieren Sie auf dem Etikett der Sammelflasche die folgenden Zeiten:

1. Datum und Zeitpunkt des letzten verworfenen Abendurins
2. Datum und Zeitpunkt des letzten gesammelten Urins (am Morgen)

Um die Analyse Ihres gesammelten Nachtharns nicht zu gefährden bitten wir Sie, die Sammelflasche am Dienstag morgen wieder in Ihrer Untersuchungsstelle abzugeben.

Abgabeort	Adresse	Abgabezeiten
Spandauer Gesundheitstest	Flankenschanze 48	8.00 Uhr bis 15.00 Uhr

Sollte eine der folgenden Adressen für Sie günstiger zu erreichen sein, können Sie die Sammelflasche selbstverständlich auch dort abgeben.

Ort	Adresse	Abgabe
Pforte Robert-Koch Institut	Nordufer 20, 12253 Berlin	8.00 Uhr bis 17.00 Uhr
Zentrallabor Robert- Koch Institut	General-Pape Str. 62-66 12101 Berlin	7.30 Uhr bis 16 Uhr

Wir danken Ihnen für Ihre Mitarbeit

(PD Dr. C. Maschke)

## 14.4 Anleitungen

### 14.4.1 Urinsammlung und Aufbereitung

#### Nachturinsammlung

Sammelflaschen mit Etiketten bekleben und mit Prob.Nr. und vereinbartem Versuchstag (nur Montags) beschriften. In die Flaschen jeweils 8 ml 2n HCL einfüllen – vorzugsweise mit Hilfe einer automatischen Dosiervorrichtung – (2n HCL = 288 ml 25 % HCL und 712 ml dest. H<sub>2</sub>O).

Es empfiehlt sich, bei der Verteilung der Flaschen auf den Säuregehalt hinzuweisen, da diese Konzentration der Salzsäure bereits Flecke oder Löcher auf Textilien verursachen kann. Aus dem gleichen Grund sollten Flaschen mit Säure immer aufrecht gelagert sowie transportiert werden.

Zur einfacheren Handhabung bzw. Vollständigkeit der Urinsammlung sollten bei weiblichen Probanden weiße Auffangbecher mitgegeben werden.

#### Aufarbeitung des Urins

Nach erfolgter Sammlung muß der Urin sobald als möglich aufgearbeitet werden.

Im Protokoll vermerken:

1. Versuchsperson
2. Tagesdatum / Uhrzeit der Aufarbeitung
3. Bruttogewicht der Flasche
4. pH-Wert notieren (In einer kleinen Teilmenge, am besten ca. 40 ml in einer 100 ml Kautexflasche, pH-Wert mittels pH-Meter bestimmen und falls nötig mit verd. HCL oder NaOH auf einen pH-Wert von 2,5 – 2,9 bringen.)

#### Einfrieren des Urins

Je Proband 3 Röhrchen (Sarstedt mit gelbem oder blauem Schraubverschluß) wasserfest beschriften (z.B. mit Edding 3000) und mit dem pH-eingestellten Urin zu  $\frac{3}{4}$  füllen.

Röhrchen einfrieren.



# **The State-Of-The-Art on Economic Valuation of Noise**

*Final Report to European Commission DG Environment  
April 14<sup>th</sup> 2002*

**Ståle Navrud  
Department of Economics and Social Sciences  
Agricultural University of Norway**

## **Table of Contents**

1. Background.....	1
2. AIM and TASKS .....	1
3. THEORETICAL BASIS AND VALUATION TECHNIQUES .....	2
3.1. Damage Function Approach (DFA) .....	2
3.2 Environmental Valuation Techniques .....	6
3.3. Benefit Transfer techniques .....	9
3.3.1. UNIT VALUE TRANSFER.....	9
3.3.2 FUNCTION TRANSFER.....	10
3.3.3. CURRENT PRACTICE IN BENEFIT TRANSFER OF NOISE ESTIMATES ...	12
4. REVIEW OF NOISE VALUATION STUDIES.....	12
4.1. Road traffic noise.....	16
4.2 Aircraft noise .....	21
4.3. Rail noise .....	24
4.4. Industrial noise and other types of noise .....	24
5. THE POTENTIAL FOR BENEFIT TRANSFER OF EXISTING STUDIES.....	25
6. WHAT SHOULD BE THE CUT-OFF POINT FOR VALUING NOISE ? .....	26
7. WHAT VALUE SHOULD BE USED BEYOND THE CUT-OFF POINT? .....	26
8. SAME VALUE FOR NOISE FROM DIFFERENT TRANSPORTATION MODES?.....	27
9. SHOULD THE VALUE FOR ALL MEMBER STATES AND ACCENSION COUNTRIES BE THE SAME? .....	28
10. RESEARCH GAPS .....	29

## **ACKNOWLEDGEMENT**

## **REFERENCES**

## **APPENDIXES**

- 1 Search for Noise Valuation Studies in the Database Envalue
- 2 Review of Studies on External Costs of Noise
- 3 Review of Road traffic and air traffic noise valuation studies
- 4 Public Annoyance versus  $L_{dn}$
- 5 Assessment of Annoyance

## 1. BACKGROUND

Measures to reduce transportation and community noise are costly to implement, and an obvious question is whether the social benefits of reduced noise can justify these high costs. Thus, we need to know the social costs of noise to find the social optimal level of investments in noise reducing measures. Having an economic estimate of social benefits of reduced noise then allows us to identify the combination of measures providing highest social benefits per euro of costs, i.e. highest benefit–cost ratios.

The proposal for a Directive on the Assessment and Management of Environmental Noise (END) requires Member States to produce “strategic noise maps”, by using noise indicators ( $L_{den}^1$  and  $L_{night}^2$ )<sup>3</sup> assessing the number of people affected by noise, to inform the public about noise exposure and its effects, and to draw up “action plans” to reduce noise where necessary and to maintain environmental noise quality where it is good.

Both the EU and national policy makers need also to make a choice between the various measures available to mitigate noise. Further the Treaty requires that the costs and benefits of Community-wide environmental legislation be assessed. Therefore, the Directorate-General (DG) Environment of the European Commission (EC) seeks to develop a set of common tools to be used when carrying out the analysis of costs and benefits of noise mitigation measures.

Environmental valuation methods, both stated preference (SP) and revealed preference (RP) methods have been employed to estimate the economic value of changes in noise levels. Most studies have applied the RP approach of Hedonic Price (HP) to the housing market to analyse how differences in property prices reflect individuals’ willingness-to-pay (WTP) for lower noise levels. More recently there has been an increased interest in applying SP methods to value noise. Contingent Valuation (CV), Conjoint analysis (CA) and Choice Experiments (CE) have all been applied to value transportation noise.

In order to establish interim values for noise from different transportation modes (air, road, rail) to be used in cost-benefit analyses (CBAs) performed by the EC, there is a need for an overview and evaluation of the valuation techniques, empirical noise valuation studies and the potential for benefit transfer of noise values

## 2. AIM AND TASKS

The main aim of this paper is to provide the Commission services advice on the state-of-the-art on economic valuation of noise, and act as a basis for determining interim values for noise. More specifically the report will address the following issues/tasks:

---

<sup>1</sup>  $L_{den}$  (day-evening-night indicator) : noise indicator for overall annoyance, defined in Annex I of the END

<sup>2</sup>  $L_{night}$  (evening-noise indicator) : noise indicator for sleep disturbance, defined in Annex I of the END

<sup>3</sup> These noise indicators relate to noise levels outside the dwelling. Differences between countries with regards to materials used in dwellings and the extent of noise reducing measures could produce different indoor noise levels for the same outdoor noise level. There is also differences between countries in terms time spent indoors (due to differences in climate and culture). In e.g. the Nordic countries indoor noise level is a more relevant noise measure. for predicting noise annoyance.

- 1) What should be the theoretical basis for estimating the value of noise? Is it defensible (and if yes: under what conditions) to use SP and RP methods to value noise?
- 2) Review economic valuation studies of noise from different transportation modes (air, road and rail) in both Europe and North America, covering both stated preference (SP) methods and revealed preference (RP) methods.
- 3) Are the existing noise value estimates fit for benefit transfer? If yes, under what conditions, and what benefit transfer methods should be applied?
- 4) What should be the cut-off point used for valuing noise? Should it be  $L_{den}$  50, 55 or something else?
- 5) Beyond this cut-off point, what should the value of noise be per decibel (db) per person affected, in euros (2001 price level)?
- 6) Should the value of noise be different in different transport modes (air, rail, road)? If so, what should be the difference?
- 7) Should the value of noise be the same in different Member States or socio-economic groupings, as well as in accession countries?
- 8) What research gaps exist (e.g. value of night time noise vs. day time noise, more accurate information on noise from specific sources)?

The next eight sections (sections 3 through 10) of this paper will deal with each of topics 1 through 8 listed above.

### 3. THEORETICAL BASIS AND VALUATION TECHNIQUES

#### 3.1. Damage Function Approach (DFA)

To calculate the total welfare loss from noise or the total increase in welfare due to noise reducing measures, a damage function approach (DFA) should be applied. A description of DFA applied to noise is given in figure 1. In the case of *reduced noise* emissions, which are described in figure 1, the damage function approach should rather be termed the *benefit* function approach.

The DFA for noise described in figure 1 is able to consider a number of complicating factors that have to be taken into account, including non-linear relationships in ERFs and value functions, and different initial noise levels, and the importance of context (e.g. characteristics of different noise sources). Figure 1 considers only the annoyance impact of noise, but the same framework can be used to consider other impacts in terms of endpoints from ERFs. In step 7 one must avoid double-counting as endpoints and/or economic values of endpoints might overlap, and lead to overestimation of economic benefits of noise reducing measures. Exclusion of impacts due to missing ERFs and/or economic values for their endpoints will lead to underestimation of the economic benefits.

## Figure 1.

The Damage Function Approach (DFA) applied to noise. The DFA is divided into seven steps, where steps written in capital letters denote models/methods, while steps in small letters denote input and output to these models/methods.

For illustration “Percentage of persons highly annoyed (HA)” is used as the endpoint of the ERF for annoyance, but ERFs for each of the five annoyance levels defined in ISO (2001) should be used.

- 
1. **Reduction in noise emissions** due to noise mitigating measures, described in terms of change in time, location, frequency, level, and source of noise (and composition/contribution of noise sources if there are multiple sources)
  2. NOISE DISPERSION MODEL
  3. Noise dispersion models are used to estimate the **changed exposures to noise** at different geographical locations; measured in dB(A) and noise indicators ( $L_{den}$  and  $L_{night}$ ) (presented in noise maps)
  4. EXPOSURE–RESPONSE FUNCTIONS (ERFs), between decibel levels (measured by noise indicators like  $L_{den}$ ) and levels of annoyance, ischaemic heart disease, subjective sleep quality and other impacts of noise. For annoyance the endpoint of the ERF could be “percentage exposed persons per year that are “highly annoyed” (HA)” (see appendix 5 for examples of such ERFs for noise from road, air and rail)
  5. ERFs and information about the number of cases of each endpoint, e.g. the change in the total number of persons HA by noise per year, are used to calculate the **overall change in noise impact**. (Calculating the change in total number of person HA requires information about e.g. the number of dwellings, household size, and averting behaviour/existing noise mitigating measures (e.g. special insulation against noise and noise screens)).
  6. ECONOMIC VALUATION TECHNIQUES are used to set an economic value for a “unit” of each endpoint of the ERFs , e.g. “euro per person HA by noise per year” . Two different valuation approaches can be used:
    - i) Transfer estimates from existing valuation studies (using benefit transfer techniques and literature review/databases on noise valuation studies), or
    - ii) Conduct a new, original study using environmental valuation techniques
  7. **Economic benefits** of noise mitigating measures are calculated multiplying the economic value of each unit of the endpoint (e.g. “euro per person HA per year ”, from step 6) with the calculated, corresponding impact (e.g. “change in number of persons HA per year”; from step 5); and aggregate over all endpoints from ERFs (but avoid double counting).
-

According to a literature review of ERFs for noise annoyance (Schomer 2001) “studies of community annoyance to numerous types of environmental noise show that  $L_{dn}$  is the best measure of impact. However,  $L_{night}$  would be a better noise impact measure in CBAs of noise mitigating measures affecting night noise only, e.g. night curfew at airports. Schultz (1978) showed a consistent relationship between  $L_{dn}$  and percentage of persons exposed that are “highly annoyed” (HA) by noise. This relationship, referred to as the “Schultz curve”, has been reaffirmed and updated over the years (Fidell et al., 1991; Finegold et al., 1994), and more recently Miedema and Vos (1998, 1999) reported updated ERFs for road, rail and air based on an extensive meta-analysis of noise annoyance studies from several European countries (but none in Southern Europe), USA, Canada and Australia; representing an overall sample of 58.000 persons (see appendix 5). Using this same data set Miedema and Oudshoorn (2001) develop ERFs for road, air and rail between  $L_{den}$ , in addition to  $L_{dn}$ , and percentage “highly annoyed”, “annoyed”, or “(at least) a little annoyed”. They use the “annoyance score” (AS), with a scale of 0-100, to define these three categories, with cut-off rates of 72, 50 and 28 for “highly annoyed”, “annoyed” and “(at least) a little annoyed”. These categories of AS are easier to value than each unit of AS (especially if the unit value is not constant). However, this categorization also implicitly assumes a specific weighting of the “annoyance index”, and it requires Stated Preference (SP) studies that report values for these three annoyance categories. To my knowledge, no such SP study exists. However, results from the Contingent Valuation (CV) studies containing data on the respondents’ level of annoyance (Lambert et al 2001 and Navrud 2000b) could, at least theoretically, be converted to values for these three ERF endpoints for annoyance.

For the calculation of external costs of noise from transport, a “bottom-up/impact pathway approach (IPA)” was used by IER, University of Stuttgart, which is similar to the IPA for air pollution, developed in the EC project ExterneE (“External Costs of Energy”). The IPA approach is equivalent to a DFA. The IPA was used to calculate marginal external costs of noise from road and rail transport in the EC project RECORDIT (Schmid et al. 2001) and for total and marginal external costs of road, rail and air transport in European countries (EU15, Switzerland, Hungary and Estonia) in the EC project UNITE (Bickel et al. 2001). Ten endpoints for economic valuation of health effects were identified and exposure-response-functions established, based on recommendations on adverse health effects for ischaemic heart disease, hypertension and subjective sleep quality (sleep disturbance) by Kluizenaar et al. (2001). Hunt (2001) provided the methodological basis for the economic valuation of endpoints. The values used for UNITE are given in Bickel et al. (2001). Other impacts from noise include: speech interference in offices (communication disturbance), annoyance<sup>4</sup>, and psychological effects of noise on children (cognitive effects, and effects on memory, attention and motivation).

According to Hunt (2001) the starting point for the valuation of these end-points is the identification of the components that comprise changes in welfare. These components should be summed to give the total welfare change, assuming no overlap between categories. The three components include:

- 
- (i) *Resource costs* i.e. medical costs paid by the health service in a given country or covered by insurance, and any other personal out-of-pocket expenses made by the individual (or family).

---

<sup>4</sup> Annoyance is defined by TNO (2000), as a feeling of resentment, displeasure, discomfort, dissatisfaction, or offence when noise interferes with someone’s thoughts, feelings or actual activities.

- (ii) *Opportunity costs* i.e. the cost in terms of lost productivity (work time loss (or performing at less than full capacity)) and the opportunity cost of leisure (leisure time loss) including non-paid work.
- (iii) *Dis-utility* i.e. other social and economic costs including any restrictions on or reduced enjoyment of desired leisure activities, discomfort or inconvenience (pain or suffering), anxiety about the future, and concern and inconvenience to family members and others.

The welfare changes represented by components (i) and (ii) can be proxied using market prices that exist for these items. In health valuation literature these components are summed to produce what is known as the "Cost-Of-Illness" (COI) measure of welfare. This measure - in best practice - needs to be added to a measure of the affected individual's loss of utility, reflected in a valuation of the willingness-to-pay/accept (WTP/WTa), to avoid/compensate for the loss of welfare associated with the illness.

Note that there is the possibility of overlap between components since, for example, the individual will include both financial and non-financial concerns in his/her assessment of loss of welfare. Financial costs are often not borne fully by the individual but are shared through health insurance and public health care provision. Thus, we assume here that the financial costs are separable and measured in component (i). If this is not the case, then a part of the dis-utility measured in the WTP estimate will be incorporated in the private medical costs associated with treatment (or prevention) of the health end-point, and the total valuation should be reduced by an equivalent amount.

Hunt op cit then derive country specific estimates and EU average for health care resource costs and the costs of absenteeism (i.e. components (i) and (ii)), and then use these estimates together with transferred estimates of the dis-utility (component iii) to estimate country specific and EU averages for myocardial infarction, hypertension, sleep disturbance, communication disturbance, and annoyance. Hunt op. cit notes that frequently the data for medical costs and absentee days do not exist in a sufficiently disaggregated form to be of use in deriving the cost element for individual endpoints, and thus crude approximations have to be made. In conclusion, considerable uncertainty is attached to the economic estimates of myocardial infarction, hypertension, sleep disturbance, and communication disturbance.

For annoyance the welfare component (iii) is thought to dominate, but opportunity costs (components (ii)) should also be added when applicable. Clearly it is difficult to isolate, what effects are covered when speaking of annoyance. Concerning health effects, there seems to be consensus among experts, that the general population is not aware of specific health impacts due to noise, and thus so the assumption of separation between health impacts and annoyance seems reasonable. For communication disturbance a separation is less clear, while for sleep disturbance a separation of 'general annoyance' and 'annoyance during the night' is possible, which would avoid double counting.

It can be argued that an economic estimate for annoyance (in their dwelling) can serve as an indicator of the overall impacts of noise, but most probably providing a lower economic estimate of noise impacts. This corresponds well with the suggested indicators for noise from air, road, train and industry, in the proposal for the Directive on the Assessment and Management of Environmental Noise (END), which focuses on the welfare loss from annoyance and sleep disturbance; measured by the noise indicators  $L_{den}$  and  $L_{night}$ , respectively.

Hedonic Price (HP) studies provide values in terms of the Noise Sensitivity Depreciation Index (NSDI) (and the same do expert assessments of real estate agents and assessors). NSDI was originally introduced by Walters (1975) and adapted for comparative purposes by Nelson (1980, 1982) in his major reviews of hedonic price studies of airport and traffic noise. HP studies use a DFA where there is a leap directly from step 3 to 6 (see figure 1). To use the complete DFA, Stated Preference (SP) studies (Contingent Valuation (CV), Choice Experiments (CE) and Conjoint Analyses (CA)) producing values for persons at different annoyance levels from noise exposure are needed in step 6. This could either be new, original studies for the specific context and site, or a benefit transfer exercise using existing SP studies on noise. Most of the existing SP studies, however, provide economic values per dB, which means they also go directly from step 3 to 6. Using this unit of economic value in benefit transfer exercises means assuming the same economic value for the annoyance levels at the policy site (i.e. the site one transfers to) as found in the study site (i.e. the site the original valuation study was done). An economic value for a specific level of annoyance is most probably more transferable, as the level of annoyance is a measure of individual preference.

Section 3.2 will review valuation techniques that have been used to value welfare loss from noise, while 3.3 describes ways of transferring these noise value estimates (i.e. benefit transfer techniques).

### 3.2 Environmental Valuation Techniques

Both stated preference (SP) and revealed preference (RP) methods have been employed to estimate the economic value of reductions and increases in noise levels. The majority of valuation studies on noise are **Hedonic Price (HP)** studies. The main strength of this RP method, both in general and in applications to noise, is that it relies on actual behaviour in the housing market where individuals WTP for noise and other environmental characteristics of the house can be observed. General weaknesses are that the result of HP studies, in terms of the implicit price of the environmental factor (i.e. the Noise Sensitivity Depreciation Index (NSDI) which is the percentage change in house prices per dB increase in noise level), is very sensitive to modelling decisions and the conditions in the local housing markets, as shown in meta analyses of HP studies on air quality and aircraft noise; see Smith and Huang (1993) and Schipper et al (1996) for meta analyses of air quality and airport noise, respectively.

Implicit prices are very sensitive to model specification (e.g. if other external effects of transportation are not accounted for in the model, the estimated impact of noise on property prices could include these impacts as well), estimation procedures (including choice of functional form), the functional form (many HP studies rely on lognormal functions, while Box-Cox transformation have performed better where they have been used), the level of information about the noise level the respondent had when bidding for the dwelling, whether people can perceive marginal changes in the physical noise measure used, and whether there is perfect competition in the housing market, zero transaction costs and other strict assumptions (which often are not fulfilled). Finally, as theory would suggest, the empirical literature suggests that these implicit prices will vary from market to market depending on supply and demand in the markets. Only HP studies based on real market transactions data (and not the assessed value of house) should be used.

**Expert assessment** by real estate agents and assessors have also been conducted to estimate NSDI, see e.g. Strand and Vågnes (2001) and Ohm (2001) of train noise in Norway and road traffic noise in Estonia, respectively. Strand and Vågnes op. cit. conducted both a HP study and an expert assessment of real estate agents, and found the two approaches to give values of



similar magnitude. Frankel (1988) did the same for airport noise, comparing expert assessments of both realtors and appraisers with the HP estimates.<sup>5</sup>

Another RP technique which have been applied to noise is the **avoidance costs (AC)** approach. However, the main weakness of this method is, as in all applications, that only in certain circumstances the results can be interpreted as a proxy of welfare loss /gains from increased/decreased noise levels. Therefore, empirical applications of the AC approach to noise will not be reviewed here (see Hunt 2001 for examples).

One reason for the relatively few **Contingent Valuation (CV)** studies on noise could be the difficulties in constructing a good CV survey for valuing noise level reductions. A good CV survey would in general include the following sections: (a) an introductory section that helps set the general context for the decision to be made, (b) a detailed description of the good to be offered to the respondent, (c) the institutional setting in which the good will be provided, (d) the manner in which the good will be paid for, (e) a method by which the survey elicit the respondent's preferences with respect to the good; (f) debriefing questions about why respondents answered certain questions the way they did; and (g) a set of questions regarding characteristics including attitudes, and demographic information (Mitchell and Carson 1995). Particularly sections (b), (c) and (d) provides problems, i.e. describing the reductions in noise level in a scientifically correct and understandable way, institutional arrangements that makes respondents accept willingness-to-pay (WTP) questions (they easily protest WTP questions, since they think it is unfair that they should pay to reduce noise created by other), and a realistic and fair payment vehicle.

Many of the existing CE and CA studies value percentage reduction in noise levels (typically a 50% reduction) without checking whether people understand what this reduction in noise would mean to them (e.g. Sælensminde and Hammer 1994). Many early CV studies do the same (e.g. Pommerehne 1987), but more recent CV studies have instead described the noise reduction in terms that can be better understood by the respondents. Barreiro et al (2000) describe the change in noise level by referring to noise levels respondents experience at different times at different weekdays; e.g. "daytime noise would be reduced from the working day level to that of a Sunday morning". Vainio (1995, 2001) use a CV scenario of diverting traffic elsewhere or into a tunnel so that the "traffic volume would diminish considerably (the street would become a "residential street")" on the street that respondents had pointed out to cause them the most nuisance. Navrud (2000b) and Lambert et al (2001) both describe the noise reduction in terms of level of annoyance, i.e. elicit the WTP for a program of noise mitigating measures that eliminate annoyance. Navrud (2000b) also provide the respondents with a detailed list of avoided impacts in terms of discomforts, including sleep disturbance. They are then told that the program will eliminate noise annoyance indoors, provide a 50 % reduction of noise annoyance outside their dwelling, and eliminate noise in parts of an important recreational forest area nearby. Such "elimination of noise annoyance" - scenarios have the advantage of being directly linked to the ERFs for noise annoyance. If the respondents are asked about their current level of noise annoyance, economic estimates per person annoyed per year for different noise annoyance levels (preferably corresponding to endpoints of ERFs) can be estimated.

---

<sup>5</sup> Delphi studies applying Multi Attribute Decision Analysis have also been performed on road traffic noise, e.g. Wenstøp et al (1994) analysis of representatives from the environmental, transportation and health authorities in Norway. Mean annual aggregate WTP to avoid "one person complaining about road traffic noise" was estimated at about 1000 euro. This method is not based on individual preferences, but on experts' preferences.

Most SP studies do not seem to include questions about level of annoyance, and therefore such estimates cannot be estimated. Notable exceptions include Vainio (1995, 2001), Navrud (2000b), Lambert et al (2001) and Sælensminde and Hammer (1994) (see also Sælensminde 1999). However, the last study has the weakness of using an exposure-based scenario (i.e. describing the change as e.g. “50 % reduction in noise level”) rather than the preferred annoyance-based scenario (i.e. describing the change as e.g. “eliminating noise annoyance”). The study by Sælensminde and Hammer op. cit. was used by the Norwegian Directorate for Public Roads to calculate economic values per person HA per year (by dividing the aggregated WTP on the number of persons HA in the sample) as a function of the change in noise level. Different unit values were used for reductions and increases in noise level, to reflect the results from this CA study showing higher WTP to avoid a percentage increase in noise level than for the same percentage reduction in noise level. This can be explained by “loss aversion” and risk aversion towards higher level of noise due to uncertainty about the increased annoyance they will experience (and whether you can take it or not, since high transactions costs and other reasons restricts the willingness and ability to move to a new house even if the noise annoyance becomes unbearable).

Realistic and fair payment vehicles should also be used to avoid large portions of protest zero answers observed in many SP studies on noise (e.g. Navrud 1997, Lambert et al 2001). Different elicitation methods, i.e. open-ended (with and without payment card), closed-ended (dichotomous choice, single or double bound) should be tested and compared with new approaches (e.g. Navrud 2000b, and Barreiro et al 2000) to see which elicitation method that works best for noise. The best approach in terms of payment vehicle and elicitation methods for noise could, however, differ between different noise sources and different countries due to e.g. different institutional settings, cultures and preferences.

Choice experiments (CEs) have been employed in the marketing, transportation and psychology literature for some time, and arose from conjoint analysis. CEs differ from typical conjoint methods in that individuals are asked to choose from alternative bundles of attributes instead of ranking or rating them. Under the CE approach respondents are asked to pick their most favoured out of a set of three or more alternatives, and are typically given multiple sets of choice questions. Because CEs are based on attributes, they allow the researcher to value attributes as well as situational changes. This approach can provide substantially more information about a range of possible alternative policies as well as reduce the sample size needed compared to CV. It also allows for simultaneous valuation of several characteristics/goods that naturally belong together, and thus has the potential of avoiding aggregation biases. However, survey design issues with the CE approach are often much more complex due to the number of goods that must be described and the statistical methods that must be employed. Also, lexicographic choices and other simplifying strategies employed by the respondent to choose between complex alternatives, could lead to biased results (Sælensminde 2000).

### 3.3. Benefit Transfer techniques

There are two main approaches to benefit transfer:

- i) Unit Value Transfer Simple unit transfer
  - (a) Simple unit transfer
  - (b) Unit Transfer with income adjustments
- ii) Function Transfer
  - a) Benefit Function Transfer
  - b) Meta analysis

#### 3.3.1. UNIT VALUE TRANSFER

Simple unit transfer is the easiest approach to transferring benefit estimates from one site to another. This approach assumes that the utility or dis-utility experienced by an average individual at the study site is the same as that which will be experienced by the average individual at the policy site. Thus, we can directly transfer the mean benefit estimate from the study site to the policy site (or generalize from a local study site to a national policy site (i.e. average national values))

If the unit of benefit estimate is “euro per dB per person per year” or NDSI the obvious problem with transfer of this unit values is that individuals at the policy site may not value the same change in noise level the same as the average individual at the study sites. There are two principal reasons for this difference. First, people at the policy site might be different from individuals at the study sites in terms of level of annoyance from the same noise level (i.e. the proportion of the population at different annoyance levels is different for the same noise level), income, education, religion, ethnic group or other socio-economic characteristics that affect their demand for quietness. Second, even if individuals’ preferences for noise at the policy and study sites were the same, the opportunities to avoid noise might not be. A more robust unit of transfer could be “euro per person annoyed per year” with specific values for each annoyance level since we then at least would avoid making the strict assumption about the same distribution on annoyance levels for the populations at the two sites. For NDSI, one also has to make assumptions about equal local housing markets both in time and space.

In SP studies WTP is reported for one or more specified discrete changes in noise level, and not on a marginal basis. Therefore, the magnitude of the change, should be close, in order to get valid transfers of estimates of mean, annual WTP per household. Also the initial levels of noise should be close to avoid biases caused by non-linearity in the underlying physical impacts and/or economic estimate.

On the issue of units to transfer, one should also keep in mind that the valuation step is part of a larger damage function approach, where we are trying to find values for identified endpoints exposure-response functions for noise annoyance and other impacts from noise.

The simple unit transfer approach is not fit for transfer between countries with different income levels and standard of living. Therefore, unit transfer with income adjustments have been applied, by e.g. using Purchase Power Parity indices. However, this adjustment will not

take care of differences in preferences, environmental conditions, and cultural and institutional conditions between countries. Very few studies have tested for the impacts on valuation of these other factors (see e.g. Ready et al 1999 for an application to morbidity which observed transfer errors of  $\pm 36\text{-}38\%$  between cities in five European countries).

### 3.3.2 FUNCTION TRANSFER

Function transfer could be transfer of the benefit function from one study (benefit function transfer) or transfer of a benefit function estimated from many studies (meta analysis).

#### **Benefit function transfer**

Instead of transferring the benefit estimates, the analyst could transfer the entire benefit function. This approach is conceptually more appealing than just transferring unit values because more information is effectively transferred. The benefit relationship to be transferred from the study site(s) to the policy site could again be estimated using either the HP method or SP approaches. For a CV study, the benefit function in its general form can be written:

$$WTP_i = b_0 + b_1 G_{ij} + b_2 C_i + e \quad (1)$$

where  $WTP_i$  = the willingness-to-pay of household  $i$ ,  $G_{ij}$  = the characteristics of the environmental good and site  $j$ , and  $C_i$  = characteristics of household  $i$ , and  $b_0$ ,  $b_1$  and  $b_2$  are parameters and  $e$  is the random error.

To implement this approach the analyst would have to find a study in the existing literature with estimates of the parameters  $b_0$ ,  $b_1$ , and  $b_2$ . Then the analyst would have to collect data on the two sets/groups of independent variables at the policy site. The values of these independent variables from the policy site and the estimates of  $b_0$ ,  $b_1$ , and  $b_2$  from the study site would be replaced in the CV model (1), and this equation could then be used to calculate households' willingness-to-pay at the policy site.

The main problem with the benefit function approach is due to the exclusion of relevant variables in the bid or demand functions estimated in a single study. When the estimation is based on observations from a single study of one or a small number of sites or a particular change in noise level, a lack of variation in some of the independent variables usually prohibits inclusion of them. For domestic benefit transfers researchers tackle this problem by choosing the study site to be as similar as possible to the policy site. The exclusion of methodological variables makes the benefit function approach susceptible to methodological flaws in the original study. In practice researchers tackle this problem by choosing scientifically sound original studies.

#### **Meta-analysis**

Instead of transferring the benefit function from *one* valuation study, results from *several* valuation studies could be combined in a meta-analysis to estimate one common benefit function. Meta-analysis has been used to synthesize research findings and improve the quality of literature reviews of valuation studies to come up with adjusted unit values. In a meta-analysis original studies are analysed as a group, where the results from each study are treated as a single observation into a new analysis of the combined data set. This allows us to evaluate the influence of the resources' characteristics, the features of the samples used in each analysis (including characteristics of the population affected by the change in

environmental quality), and the modelling assumptions. The resulting regression equations explaining variations in unit values can then be used together with data collected on the independent variables in the model that describes the policy site to construct an adjusted unit value. The benefit function from a meta-analysis would look like equation (1), but with one added independent variable  $C_s$  = characteristics of the study  $s$  (and the dependent variable would be  $WTP_s$  = mean willingness-to-pay from study  $s$ ).

While several literature reviews of noise valuation studies have been undertaken, I am aware of only two formal meta analyses. Schipper et al (1996) and Bertrand (1997) performed meta analyses of HP studies of aircraft noise and road traffic noise, respectively. These two analyses and meta-analyses of other environmental goods and health effects are not particularly useful for benefit transfer, because they focus mostly on methodological differences. Methodological variables like "payment vehicle", "elicitation format", and "response rates" (the latter used as an indicator of quality of mail surveys) in CV studies, and model assumptions, specifications and estimators in TC and HP studies, are not particularly useful in predicting values for specified change in environmental quality at the policy site. This focus on methodological variables is partly due to the fact that some of these analyses were not constructed for benefit transfer (e.g. Smith and Huang 1993), and partly because there were insufficient and/or inadequate information reported in the published studies with regards to characteristics of the study site, the change in environmental quality valued, and income and other socio-economic characteristics of the sampled population. Particularly, the last class of variables would be necessary in international benefit transfer, assuming cross-country heterogeneity in preferences for environmental goods. In most meta-analyses, secondary information was collected on at least some of these initially omitted site and population characteristics variables or for some proxy of them. These variables make it possible to value impacts outside the domain of a single valuation study, which is a main advantage of meta-analysis over the benefit function transfer approach. However, often the use of secondary data and/or proxy variables adds uncertainty

Most meta-analyses caution against using them for adjusting unit values due to potential biases from omitted variables and uncertainties in the measurement of included variables. To increase the applicability of meta-analysis for benefit transfer, one could select studies that are as similar as possible with regards to methodology, and thus be able to single out the effects of site and population characteristics on the value estimates. However, one would then have too few valuation studies of a specific environmental good to perform a Meta analysis. This is the case with SP studies for all noise sources, but probably not HP studies with both road traffic and aircraft noise.

Day (2001, p.98) shows that since marginal prices in hedonic markets are not necessarily constant, we would not expect any simple relationship to exist between marginal WTP for a property attribute and the quantity of that attribute presently enjoyed by a household., and thus meta-analyses of hedonic data that attempt to regress average implicit prices for environmental quality against average levels of environmental quality from various markets have no theoretical content. Therefore one should be cautious in using results from meta analyses of NSDIs (Schipper 1996 and Bertrand 1997). Macroeconomic variables should be included in the meta analyses to try to correct for some of the observed differences.

### 3.3.3. CURRENT PRACTICE IN BENEFIT TRANSFER OF NOISE ESTIMATES

All these benefit transfer techniques have been used to determine noise values used by national transportation and environmental authorities. However, unit benefit transfer i.e. using unit values from one or a few (often recent) national valuation studies (CV; CE or HP), seems to be the dominating technique (see chapter 4). The benefit function approach, using simple regressions of WTP on initial noise levels and/or size and direction (increase/decrease) has also been used to some extent.

In his general assessment of HP methods Day (2001) conclude that implicit prices, like those for market goods, are market specific, i.e. they depend on the particular conditions of demand and supply that exist in that market. Since house prices and market are different between Member States, unit transfer of NDSI from one country to another, and from region to region within a country, will be highly uncertain.

Benefit transfer of unit values based on impacts in terms of level of annoyance (i.e. euro per person annoyed per year) seems to involve less uncertainty and fewer strict assumptions than the exposure-based unit values of NDSI and “euro per dB per person per year”.

## 4. REVIEW OF NOISE VALUATION STUDIES

In order to get a complete overview of noise valuation studies (both revealed and stated preference methods) the existing databases for valuation studies (EVRI and ENVALUE) have been searched. Reviews of noise valuation studies prepared by national authorities have been collected, and academic journals publishing noise valuation studies have also been reviewed. Environmental valuation practitioners in Europe and North America have also been contacted in order to detect new and yet unpublished studies, and older “grey literature” in this field.

A search of the EVRI database (<http://www.evri.ec.gc.ca/EVRI/>) gives 12 hits on the word “noise”. However, only three of these are transportation noise valuation studies, and all three are from Europe (Pommerehne 1988, Soguel 1994a and Vainio 1995). In addition, one study is related to noise from wind turbines in Denmark, and one study estimated the value of noise from tourism in a local community in Oregon, USA. The other studies were not related to valuation of noise. This clearly shows that the EVRI database, which was originally developed for water quality valuation studies, needs to add “noise” as a searchable predefined category to better represent noise valuation studies (see also the evaluation of the EVRI database; Navrud 1999a). The Australian ENVALUE database (<http://www.epa.nsw.gov.au/envalue/>) however, has four predefined categories of noise from different sources. A search of ENVALUE identifies 24 studies on airport noise (six from Europe), ten road on transport/traffic noise studies (none from Europe) and one specific rail transport noise study (not from Europe). No studies on industrial noise were found in any of the two databases. An overview of all these studies can be found in appendix 1. This search of the databases EVRI and ENVALUE clearly show the need for adding noise valuation studies to existing databases, which in practice means EVRI since ENVALUE is a “sleeping” database.

In addition to these databases, DETR (Department of the Environment, Transport and the Regions; now divided into DELR and DEFRA i.e. Department of Environment, Food and Rural Affairs) in the UK has constructed a list of environmental valuation source documents

for the UK (<http://www.defra.gov.uk/environment/evslist/index.htm>). However, this list includes only a few of the noise valuation studies listed in DETR's review of noise valuation studies (DETR 1999; see also appendix 2).

National environmental and transport authorities in Europe have carried out literature reviews of noise valuation studies. Examples of institutions commissioning or conducting such literature reviews include; in the UK: DETR (DETR 1999, see appendix 2) and the Development Department of The Scottish Executive (SE) (Bateman et al 2000; see appendix 3); in Norway: Directorate for Public Roads (Veidirektoratet-VD) (Navrud 2000a, 2001) and Ministry of Environment (Navrud 1999b); in Sweden: the National Land Survey (Lantmäteriverket – LMV) (LMV 1998); and in Denmark: Directorate for Public Roads (Vejdirektoratet) (COWI 2001) and the Rail Agency (Banestyrelsen) (COWI 1998). Most of the agencies mentioned above have also initiated and financed new, original valuation studies, in order to try to reduce the uncertainty in using transferred value estimates from previous valuation studies conducted a long time ago and/or in other countries. Summaries of the literature reviews performed by DETR and The Scottish Executive can be found in appendix 2 and 3, respectively.

These literature reviews have mainly been conducted to establish noise values for use in cost-benefit analysis (CBAs) of noise mitigating / traffic calming measures. However, The Scottish Executive, the Swedish National Land Survey and the Norwegian Directorate for Public Roads use, or aim at using, noise valuation studies to calculate compensation payments to land owners for welfare loss due to traffic noise, visual intrusion and other impacts from traffic on new roads and extension/widening of existing roads<sup>6</sup>. Noise valuation studies have also been used for environmental costing exercises of transport (e.g. COWI 2001 and the EC project UNITE) and even to calculate environmental taxes, e.g. noise charges for aircrafts (Thune-Larsen (1995) based on CV and CA studies, and Hoffman (1984) based on HP studies).

A review of the values used for noise in these four European countries (UK, Denmark, Sweden and Norway) shows that the methodological approach and unit used to measure the economic value of noise annoyance differ between countries, and even between different sectors/agencies in the same country. However, there seems to be two main approaches:

- i) An economic value pr decibel per year; measured by the Noise Depreciation Sensitivity Index (NDSI), defined as the average percentage change in property prices per decibel.
- ii) An economic value per year per person (or household) annoyed by noise. Two measures are used. a) value per person “highly annoyed” (HA), and b) value per person “annoyed”, independent of the level of annoyance.<sup>7</sup>

---

<sup>6</sup> In the case of compensation payments for the overall annoyance of road building projects, the Hedonic Price method is ideal, as there is no need to isolate the different impacts of noise, accident risks, visual intrusion, local air pollution etc. The noise level can be used as an indicator for overall annoyance. Since HP studies are based on actual behaviour in real estate markets the estimates will probably also hold up better in a court case than results from SP studies.

<sup>7</sup> Sometimes values are also expressed as per person *exposed* to noise levels above a certain level e.g. 55 db without referring to any annoyance level. This means that persons exposed to, but not annoyed by, noise will be included

The first approach is based on domestic Hedonic Price (HP) studies and/or a review of HP studies internationally; and in a few cases also expert assessments by real estate agents have been used. Nearly all of these studies report the results in terms of the Noise Depreciation Sensitivity Index (NDSI), which gives the average percentage change in property prices per decibel. To convert this capitalized value of expected future rents into an annual value, we have to make assumptions about time horizon and discount rate (which also vary between countries). To avoid making these assumptions, several authors (e.g. Palmquist 1981) have suggested using rental charges instead of sales prices as the dependent variable in HP regressions. Soguel (1991, 1994b) used the monthly rent (net of charges) as the dependent variable in his HP regression on dwellings in the town of Neuchatel in Switzerland. He found a value of SF 5.85 per db per household per month, which equals about 47 euro per year per household (1 SF = 0.675 euro). Furlan (1996) and Locatelli Biey (1994) also used monthly rent of apartments in their HP studies in the inner city of Paris and Turin (Italy), respectively. The last study used traffic volume as a proxy for the noise level, while Furlan op. cit had noise level data. However, neither of these two studies collected data on the income of households, and do not contain data on the average market price of apartments. Thus, no estimates of WTP per household can be constructed. One problem in using rental charges in HP studies is that the rental market could be controlled and therefore the difference in noise level often would not be fully reflected in differences in rental charges.

The second approach is based on Contingent Valuation (CV) and Choice Experiments (CE) like Conjoint Analysis (CA), and most of these valuation studies have been conducted over the last 5 – 10 years.

In addition to these two approaches, there have also been studies that try to calculate the national costs of noise annoyance in terms of percentage of Gross Domestic Product (GDP); see appendix 2 for the results from these studies. However, these results are not very relevant for benefit transfer to CBAs of noise reducing measures.

The recommended economic values for noise annoyance vary. This could be due to different initial noise levels, different income level, cultural differences, different methodological approaches (and the noise valuation unit used), whether other social costs than the annoyance costs are included etc. Below are a few examples on values and units used in some European countries that have many noise annoyance valuation studies, i.e. the UK, Norway, Denmark and Sweden.

DETR (1999) conclude their review of 64 noise valuation studies (including both original valuation studies and reviews of studies) by stating the range of results:

£15 - £30 (24 – 48 euro) per decibel per household per year (covering a total of 4 studies)  
0.08-2.30 % change in property price per decibel (covering a total of 43 studies)  
0.02-2.27 % GDP (covering a total of 15 studies)

DETR op. cit further note that “although it is difficult to compare between these different types of measurement without complete information about the population sampled, their properties and the noise levels to which they were exposed; the individual ranges they cover can provide helpful benchmarks for the magnitude of the external costs of noise. It is apparent that the studies sometimes make quite different estimates of the costs associated with noise. This can be due to a number of reasons - not only from methodological and sampling



differences, but also because studies often use different assumptions about baseline noise levels (e.g. using from between 30-65dB(A) as a zero-nuisance baseline) or use different time periods to identify average noise levels". For transport policy appraisal in the UK, DETR (1999) notes that HETA (Highways, Economics and Traffic Appraisal; a part of DETR) allows the use of £21.24 per household, for a one decibel noise improvement, based on Tinch's adaptation of the Soguel (1991, 1994) - study (see studies 8 and 27, appendix 2). However, given the uncertainties associated with transferring this value from its initial Swiss context, it is recommended that the estimate should be reported separately from other monetary values and that further UK-specific work should be carried out in future to improve upon this tentative value.

Environmental authorities in Norway (i.e. National Pollution Control Authority –SFT) use an ad hoc value of 10.000 NOK (1.250 euro) per person "highly annoyed" (HA) by noise. They further assume that with a 1 dB increase in the noise level an average person will be 2 % more highly annoyed. This results in a recommended value of 200 NOK (about 25 euro) per dB per person exposed per year (which is in accordance with the recommendations by ECMT 1998). The Norwegian Directorate for Public Roads use a noise value function which produces the higher value of 14.000 NOK per person HA per year for a 50 % reduction in the noise level; equivalent to a reduction in noise level of about 8 dB. This estimate is based on a combined CV and CA study (Sælensminde & Hammer 1994, Sælensminde 1999). They found a WTP of 17-35 euro pr dBA pr person per year (or 3.550 - 7.100 NOK, i.e. 440-890 euro, per year per annoyed person, i.e. counting and weighting equally both "somewhat" and "highly" annoyed persons; see Sælensminde (1999, table 10)). The Norwegian Air Traffic and Airport Management (Luftfartsverket) use a value of 3.900 per person HA per year. This clearly illustrates the use of different values for the same noise annoyance unit within the same country. SFT now wants to introduce a new valuation unit; i.e. the "annoyance score" introduced by Miedema and Vos (1998, 1999). The main advantages of this approach is that it also considers the welfare loss of persons at lower annoyance levels than HA by assigning different weights to the different noise annoyance level (i.e. higher weight to higher annoyance levels). However, it is still uncertain how the existing valuation studies can be used to estimate values per percentage unit of the annoyance score (without making rather arbitrary, simplistic, and unrealistic assumptions). The Norwegian Directorate of Public Roads, however, wants to keep "no. of persons HA" as the noise annoyance endpoint, and update and refine their value estimate for this endpoint.

In Denmark they report the economic value of noise in yet another unit; "highly annoyed dwelling". This value is based on two 20-25 year old Hedonic Price studies (one in Denmark (Hjort-Andersen 1978) and one in Sweden (Hammer 1974). These studies report NDSI as a function of the dB(A) level, e.g. Hammer (1974) report NSDI varying from 4.2 % at 57 dB(A) to 20.8 % at 71 dB(A). Using current mean prices for houses in Denmark, and adding an ad-hoc estimate of 50 % of this value to correct for other social costs of noise (than annoyance) the recommended value becomes (in 2000-prices) 49.752 DKK (6.675 euro) (COWI 2001).

In Sweden, the Directorate for Public Roads (Vägverket) now uses an economic value per person affected by noise varying from 0 at 50 dB to 13.890 1999-SEK (equal to about 1.480 euro) at 75 dB, which is based primarily on a HP study in Stockholm by Wilhelmsson (1997) (Johansson 2001).

In France, the Road Directorate applies an economic value of 963 FF (equal to about 147 euros) per person annoyed per year (Ministry of Transport - Road Directorate 1998; Lambert 2000).

The above overview of the use of noise values must be viewed as examples, and is in no way conclusive.

#### **4.1. Road traffic noise**

NSDIs for road traffic noise have been reported ranging from 0.08 % to 2.22 %, see appendix 3 (Bateman et al 2000). Bateman et al (2000) conclude that noise researchers have suggested that an “average” value lies somewhere in the lower part of this range. A simple mean of these studies suggests a NSDI of about 0.55. A HP study, not included in this review, using rental charges for apartments in Paris, (exposed to road traffic noise levels between 50 and 80 dB(A)) should also be mentioned. Furlan (1996) found a NSDI of 0.20 – 0.33 %.

Nelson (1982) reviewing 14 studies for the United States and Canada concludes that the average NSDI is around 0.4 % whilst more recent work by Bertrand (1997) suggests the average figure may be as high as 0.64 %. Bertrand op cit used a meta-analysis to compare 16 estimates from nine different hedonic pricing studies of noise pollution carried out in the USA, Canada, Switzerland and Finland. Bertrand’s results provide insights into how the hedonic price function varies from market to market. In line with expectations, the greater the average level of noise in a market and the greater the income of the market’s households, the higher the implicit price that is paid for noise pollution reductions.

Bateman et al (2000), in their review of studies, point out that the use of a single statistic to compare studies conceals considerable heterogeneity in the exact method of their application. As an example, each of the studies deals with noise in a slightly different manner. Whilst the majority of studies have used the  $L_{eq}$  measure of noise (as shown in Column 4 of Table 5-2; appendix 3), the method by which the noise pollution impacting on a particular house is assessed can be very different from study to study. A number of studies adopt the noise contour approach whereby data from various monitoring points are used to construct bands of similar noise pollution across the urban environment. The noise pollution experienced by any particular property will depend on the band in which it falls. Studies using this approach include Gamble et al. (1974). More advanced measures of noise pollution can be achieved by using models that take account of the exact characteristics of a particular dwelling. Data from these models are likely to be much more accurate. Studies taking this approach include Pommerehne (1987), Soguel (1991) and Vainio (1995, 2001). Bateman et al (2000) also observe that studies vary considerably in the choice and accuracy of the explanatory variables used in the regression analysis and in the choice of functional form, and this affect the level of the observed NSDI.

Among studies that are not included in these review is the HP study in Glasgow reported in Bateman et al (2001). By using GIS (Geographical Information Systems) they are able to increase the number of independent variables in the HP function and measure them with greater accuracy (They had previously shown that GIS can accurately measure the visual exposure of properties to roads (Lake et al 1998)). They construct four different models where they start with traffic noise level and structural variables (i.e. characteristics of the house) only (Model I), and then add on neighbourhood variables, accessibility variables, and finally

also variables indicating the visual (dis)amenity of the land use surrounding the property (one being views of roads and traffic flows along them) for models II, III and IV, respectively. The implicit price for noise, i.e. NDSI, drops from 0.84 % in model I to 0.57, 0.42 and 0.20 in models II, III and IV, respectively. In model I the observed NDSI is an indicator for multiple environmental impacts of road traffic, while the much lower NDSI of the most complete specification of the HP function (model IV) is a much better representation of the isolate impact of noise annoyance by road traffic. Distinguishing the separate influence of noise may be relatively difficult though it is essential to include comprehensive measures of accessibility and the visual disamenity of roads. If this is not done then it is likely that the implicit prices estimated for noise will erroneously include the impacts of these factors.

Bateman et al (2001) also cites the study JMP Consultants Ltd. (1996) did for the UK Department of Transport valuing the nuisance from road traffic by asking the opinion of expert property valuers. Using a large sample they concluded that the best estimate of the NDSI was 0.29% per dB increase or decrease in noise pollution. This result falls in the range of values commonly reported from hedonic studies but is somewhat lower than the average of values reported in the hedonic literature.

Pommerehne (1988), Soguel (1991,1994a) and Vainio (1995) have used the contingent valuation approach to produce results that they can compare with those derived from their hedonic analyses. The Pommerehne (1988) study in Basel, Switzerland produces remarkably similar results. Estimating households' WTP to reduce noise pollution by half, the hedonic price method returns a result of 79 CHF per month (1 euro = 1.47 CHF) compared to a value of 75 CHF per month derived from the CV survey. In a similar manner, the Soguel study in Neuchatel, Switzerland produces highly comparable results. Again valuing households' WTP to reduce noise pollution by half, the research estimates a value of 60 CHF per month from the hedonic pricing method (Soguel, 1991) and a value of between 56 and 67 CHF per month from the CV survey (Soguel, 1994a).

The Vainio (1995, 2001) study in Helsinki, Finland is not so favourable. Applying the HP and CV methods to the same population sample in Helsinki (Finland), he found that the HP method produced 2 to 3 times higher values than the CV study (see Vainio (2001) which presents re-calculated results from the original study). The HP study was based on 1522 transactions and the CV mail survey had a 60 % response rate producing 418 useable responses. Based on the mean price of a dwelling unit Helsinki in 1991, Vainio (2001) calculates mean WTP per dB reduction in noise level (above 55 dBA) as a lump sum at 365 euros (2001 price level) per household. At a 6 % discount rate and indefinite time horizon this corresponds to reports a mean WTP of 22 euros per dB per household per year. The corresponding estimates from the CV study is 6 and 9 euros; assuming that reported WTP per person in the CV survey represents the WTP of the overall household and one person only, respectively.

In a nationwide CV survey of a random sample of about 1.000 households, Navrud (1997) found significantly different WTP for persons HA compared to those that were little or not annoyed. Mean WTP per household per year was 335 and 101 1996-NOK (1 NOK = 8 euro) for these two annoyance groups, respectively. Only 6 % of the households in this random sample were HA. Thus, mean WTP for the overall sample was 115 NOK/household/year.

Navrud (2000b) found a mean WTP per household per year of 1.520 – 2.200 NOK (equivalent to 165-275 euro) for the elimination of the noise annoyance from road traffic in

Oslo. This is assumed to be equivalent to a reduction in experienced noise level of 10 dB(A). All households interviewed were exposed to noise levels of 65 dB and above. No significant difference in WTP was found for the four different annoyance levels respondents classified themselves in, nor between WTP and the noise levels respondents were exposed to.

In a CV survey of 331 households living along highways in the Rhône-Alpes Region in France, Lambert et al (2001) found significant different WTP for a public program that would eliminate noise annoyance at home for respondents that classified themselves in five different annoyance levels (in accordance with the new annoyance levels; ISO 2001). While the overall mean WTP per household per year was 73 euros, the corresponding values for the annoyance levels “not at all”, “slightly”, “moderately”, “very” and “extremely” annoyed were 47, 61, 78, 101 and 130 euros, respectively. This is currently the only SP study using the new annoyance level classification according to ISO (2001). The results can be compared to SP studies using the previous annoyance level classification with four levels, since HA corresponds to the aggregating the two levels “very” and “extremely” annoyed.

Thune-Larsen (1995) used CV to value road traffic noise in the same area and for the same respondents as described in more detail chapter 4.2. (since valuation of aircraft noise was the main aim of the study). Mean WTP per household per month for a 50 % reduction in noise level was valued at 78 NOK per household per month (which was lower than the corresponding value for the same percentage reduction in aircraft noise from the same CV study). Assuming a 8 dB reduction in noise level, this corresponds to an annual WTP per household pr dB of 14 euros (1994 price level)-.

Wibe (1997) performed a CV study of 4000 randomly selected person in Sweden, asking for their WTP in terms of increased rental charges for their dwelling to eliminate noise from all sources. A response rate of 58 % in this postal survey gave 2322 useable observations. 50 % stated zero WTP, while the remaining 50 % were willing to pay 400 SEK per month per household. Thus, the overall WTP for the sample was estimated at about 200 SEK per month per household (1 euro = 9.22 SEK), or about 6.5 % of the mean monthly rental charge. Assuming a 10 dB reduction in noise level, this corresponds to an annual WTP per household pr dB of about 25 euros. Questions about level of annoyance from different noise sources (including noise from neighbours) were also asked.

Arsenio et al (2000) and Sælensminde and Hammer (1994) / Sælensminde (1999, 2000) both apply CE to road traffic noise in Lisbon (Portugal) and the counties of Oslo and Akershus (Norway), respectively. Arsenio et al (2000) interviewed 412 households in Lisbon in June-November 1999, and also performed noise measurements in the building the respondents' apartments were located. Assuming that 10 dB represent a doubling of the noise level, preliminary results show a mean WTP per month per household of 7900 PTE per month per household (1 euro = 200 PTE). This corresponds to 474 euro per dB per household per year. This estimate is much higher than reported in the other studies reported here. This could (partly) be explained by the risk of overestimating annual WTP when the valuation question elicit monthly WTP, the methodology used to elicit unit values for noise and other assumption made, and the fact that “loss aversion” and risk aversion lead people to place a higher value on avoiding an increment in noise levels compared to the same percentage reduction in noise level.

Sælensminde (1999, table 9) reports a WTP per household per year of NOK 45-90 pr percentage point reduction in noise levels. For a 50 % reduction in noise level,

assumed to be equivalent of an 8dB reduction in noise level, the WTP is NOK 2250-4500 per household per year, and NOK 280-560 per dBA per household per year (1 euro = 8 NOK).

Garrod et al (2001), Scarpa et al (2001a) and Scarpa et al (2001b) reports results from a combined CE and CV (discrete choice) study of local residents in three English towns for traffic calming measures. Scarpa et al (2001b) conclude that there is no significant difference between estimated WTP from the two SP methods, and see these results as encouraging as the survey instruments in the two methods were quite different. Economic values separate for noise and other impacts of the traffic calming scheme were estimated from the CE study. The estimated mean WTP from the mixed logit models is in the range of 1.38 - 2.26 £ per household per year (1 euro = 0.61 GBP), i.e. about 2 – 4 euros per db per household per year. (The CE experiments had three noise levels; 60, 70 and 80 dB)

Barreiro et al (2000) performed a CV telephone survey of a sample of 600 households in the city of Pamplona in Northern Spain. They found a mean WTP per household per year of 4675 ESP (1 euro = 166 ESP) for the CV scenario “daytime noise would be reduced from the working day level to that of a Sunday morning”. This is assumed to be equivalent to eliminate noise annoyance, although some respondents might think it would not do so. This would bias the WTP downwards. The positive image of Sunday mornings could bias the WTP upward. The net impact of these two effects is difficult to predict.

Weinberger (1992) conducted a CV study of a random sample of 7000 persons in Germany in 1989 asking for their WTP to “live in a quiet area”. The monthly WTP (euro) was estimated at  $0.85 L_{Aeq} - 36.6$ , i.e. 10 euros per dB(A) per person above 43 dB(A) (J. Lambert pers. comm.. 2002).

Due to the lack of data on average property prices in the HP studies and the uncertainties introduced by modeling assumptions and transfer of HP values over time and location (with different housing markets), we will put most emphasis on the SP studies of road traffic noise. Among these studies, only studies presenting results in terms of values for different levels of annoyance can be used if all steps of the DFA should be followed. However, since there are too few such SP studies to construct mean values for the EU Member States, a “second best”-approach would be to convert the results from existing SP studies into values per dB per household per year.

In order to calculate economic values per dB from SP studies we need to translate the SP scenarios into corresponding changes in dB levels. This involves using exposure-response functions and a set of strict assumptions. For a SP scenario of e.g. “50 % reduction in noise levels” we have to assume that:

- (i) the respondents interpret the scenario as a 50 % reduction in noise *annoyance*,
- (ii) a 50% reduction in noise annoyance is assumed to be equivalent with a 50 % reduction in the proportion of people strongly annoyed by noise as shown by exposure-response functions of noise level and noise annoyance (from an assumed average initial level of noise (since the reduction in dB corresponding with a 50 % reduction in noise annoyance will increase with a lower initial noise level),
- (iii) the respondent states the WTP only for him-/herself and not others affected by the change in noise level, and

- (iv) respondents interpret the SP scenario not as an instant reduction in noise level (which is a possibility that cannot be excluded), but as a reduction in the accumulated annoyance from noise over a year.

Assuming that the annual “average” initial noise level is in the area of 60-65 dB, exposure-response functions give the following approximate reductions in dB-level, which have then been used to produce the results shown in table 1.

- (a) “getting a 50 % reduction in noise level” is equivalent to about 8 dB
- (b) “getting a 100 % reduction in noise annoyance” is equivalent to about 10 dB
- (c) “avoiding a 100 % increase in noise levels” is equivalent to about 10-15 dB

Table 1 summarizes results from SP studies on road traffic noise expressed in economic values per dB reduction in noise level. The table clearly shows the wide range of values per dB per household per year from the existing studies. This large variation in values should be expected since one or more of the strict assumptions listed above will most probably not be fulfilled for all SP studies.

If we exclude older SP studies (done before 1995 and using exposure-based scenarios), and include studies valuing *reductions* in noise levels only (i.e. excluding the Arsenio-study), the higher WTP values are excluded and the range is reduced to 2-32 (2001) euro per dB per household per year. This range of values reflects a combination of differences in methodological and modeling approaches (and implicit assumptions made), and differences in preferences, sites, institutions, culture and contexts. A meta analysis of these studies could have tested the significance of these explanatory factors, but there are still too few of these SP studies to perform a comprehensive meta analysis.

To conclude, calculating economic values per dB per year from SP studies (and implicitly skipping many steps of the damage function approach and making simplified assumptions<sup>8</sup>) introduces a large degree of uncertainty, which is clearly reflected in the empirical results in table 1. This makes it difficult to recommend a specific interim value for road traffic noise from the range indicated by this “second best” – approach. Rather a quite broad range of values should be used until more SP studies linking annoyance levels and WTP have been conducted.

---

<sup>8</sup> A main assumption introducing uncertainty is the conversion of WTP for a specified discrete change in noise level described in the SP study into marginal WTP in terms of an economic value per db. Economic values per annoyed person for the different annoyance levels should also be much more stable across space and time than dB values.

**Table 1.**

Results from Stated Preference (SP) studies (Contingent Valuation (CV) and Choice Experiments (CE)) of *road traffic noise*; as experienced inside the dwelling. Willingness-to-pay (WTP) per decibel (db) per household (hh) per year, reported in national currencies in the year of the study and converted to 2001 - euro. The euro values have been calculated using exchange rates as of January 2002 and adjusting to 2001-value using GDP deflators (used by the European Commission) for the respective countries where the studies were conducted.

<b>Study (Valuation Method)</b>	<b>Site (Scenario description) / Year of study</b>	<b>WTP /dB/hh/year (Original estimate in national currency in year of study)</b>	<b>WTP /dB/hh/year in euros (in 2001 price level)</b>
Pommerehne 1988 (CV)	Basel, Switzerland (50 % reduction in experienced noise level) / 1988	112 CHF (= 75 CHF/month for 8dB)	99
Soguel 1994a (CV)	Neuchatel, Switzerland (50 % reduction in experienced noise level) / 1993	84 – 100 CHF (= 56-67 CHF/month for 8 dB)	60 - 71
Sælensminde & Hammer 1994, Sælensminde 1999 (CV and CE)	Oslo and Akershus counties, Norway (50 % reduction in experienced noise level) / 1993	281 – 562 NOK (=2250-4500 NOK/year for 8 dB)	47 – 97
Wibe 1995 (CV)	Sweden – national study (Elimination of noise annoyance) / 1995	240 SEK (= 200 SEK/month for 10 dB)	28
Vainio 1995, 2001 (CV)	Helsinki, Finland (Elimination of noise annoyance) / 1993	33 - 48 FIM	6 - 9
Thune-Larsen 1995 (CV and CE)	Oslo and Ullensaker, Norway (50 % reduction in experienced noise level) / 1994	117 NOK (= 78 NOK/month for 8 dB)	19
Navrud 1997 (CV)	Norway – national study (Elimination of noise annoyance) / 1996	11 NOK (= 115 NOK/year for 10 dB)	2
Navrud 2000b (CV)	Oslo, Norway (only hh exposed to > 55 dB) (Elimination of noise annoyance) / 1999	152 – 220 NOK (= 1520 – 2200 NOK / year for 10 db)	23 - 32
Arsenio et al 2000 (CE)	Lisbon, Portugal (Avoiding a doubling of the noise level) /1999	9,480 PTE (= 7900 PTE / month for 10 – 15 dB)	50
Barreiro et al 2000 (CV)	Pamplona, Spain (Elimination of noise annoyance) / 1999	476 ESP (= 4765 ESP / year for 10 db)	2 - 3
Lambert et al 2001 (CV)	Rhones - Alpes Region, France (Elimination of noise annoyance) / 2000	7 euros (= 73 euros /year for 10 dB)	7

## 4.2 Aircraft noise

Gillen and Levesque (1989) in their review of 15 HP studies on aircraft noise (and one combined HP and Expert assessment) in mainly U.S. cities found NDSI in the range from 0.4 to 1.1 % per dB, with a median value of 0.5-0.6 %. Another review, including also recent HP studies, Bateman et al (2000) found reported NSDIs (i.e. the percentage decrease in housing prices following a 1 dB increase in noise pollution) in the range from 0.29% to 2.3% for

aircraft noise (see appendix 3 for an overview of these studies). The variety of NSDI values should not come as any surprise. Theoretically, we would not expect different housing markets to have the same hedonic price function and, therefore, would not expect applications of the hedonic pricing technique in different cities in different years to return identical results. Schipper (1996) has carried out a more formal statistical test of these results using meta-analysis. He finds that the implicit price of aircraft noise pollution is influenced by a number of factors including the timing, country and specification of the original noise studies. His findings suggest that as a baseline the NSDI is around 0.33%, whilst for studies in the United States this rises to 0.65%.

Among HP studies not included in the literature reviews mentioned above are Gillen and Levesque (1991). For runway expansions at the Pearson International Airport in Toronto, Canada they found NSDIs of 0.48 and 0.21 % for single/semi-detached houses and condominiums, respectively. Gillen and Levesque (1990) report another HP study regarding the establishment of the same airport, with estimated NSDIs of 0.43 and 0.08 % for single family homes and condominiums, respectively. They point out that these impacts should be corrected for the positive impact of accessibility (estimated as elasticity for house value with distance equal to  $-0.02$  and  $-0.04$  for single family homes and condominiums, respectively) to calculate the net effect of the airport.

Bateman et al (2001) in their HP study in Glasgow (see chapter 4.1) also valued aircraft noise. The most comprehensive model (Model IV), in terms of number of independent variables, produced a NSDI of 0.25 %, which is higher than the corresponding value for road traffic noise (0.20 %) in the same HP study. Hiron (1999) reports a recent French HP study.

Few SP studies have been conducted on aircraft noise, and to my knowledge none that present WTP in terms of annoyance levels. The very first of these CV studies seems to be Opschoor (1974), which by current standards would be considered a low quality CV. Pommerehne (1988) conducted parallel HP and CV studies on aircraft noise in Basel, Switzerland, and found a mean WTP per household per month of 22 and 32 CHF (1 euro = 1.47 CHF), respectively. Navrud (2000b) conducted a CV survey of persons exposed to aircraft noise and other sources (road, train and rifle range) in the communities of Oslo and neighbouring Ullensaker (where the Oslo Airport is located). Thune-Larsen (1995) performed in-person interviews of 473 respondents around the Oslo Airport Fornebu (now closed, and replaced by the new Oslo Airport Gardermoen) using both CV and CA techniques to value aircraft noise. Scenarios with percentage reductions in noise levels were used (varying percentage change scenarios in the CA, and a 50 % reduction scenario only in the CV question). Mean WTP per household per month of 91-460 NOK and 104-353 NOK (1 NOK = 8 euro) were estimated for the CA and CV method, respectively.

Baarsma (2000) conducted a study of aircraft noise in 1998 around the Schiphol airport outside Amsterdam (The Netherlands) using Conjoint analysis (CA) and two other, new valuation methods (i.e. the welfare evaluation method and the well-being evaluation method). Baarsma op. cit concludes that the “well-being evaluation method”, based on the Cantril measure of well-being that is based on the respondents’ answers to a “ladder-of-life questions”, works the best in terms of significant relationships with the measure for noise nuisance used (i.e. Kosten units (Ku))<sup>9</sup>; an “objective” measure of aircraft noise nuisance

---

<sup>9</sup> The measure of noise nuisance levels from aircraft noise differs between countries, e.g. the US use Noise Exposure Forecast (NEF), the UK use Noise and Number Index (NNI), and the Netherlands use the Kosten unit (Ku).



developed in the 1960s for the Netherlands by the Kosten Committee, named after the chairman: late professor Kosten). The results are presented in terms of the compensation required per household per month if noise nuisance increase. For households with a net monthly income of 5000 DFL (1 euro = 2.20 NLG) living in a house with no noise insulation, a rise in noise level from 20 to 30 Ku would require a compensation of 215 NLG per month. The corresponding value based on information about living expenses (1,500 NLG/month) and asking price for the dwelling (400.000 NLG) instead of household income, is 357 NLG.

**Table 2.**

Results from Stated Preference (SP) studies (Contingent Valuation (CV) and Choice Experiments (CE), including Conjoint Analysis (CA)) of *aircraft noise*; as experienced inside the dwelling. (Based on the same assumptions as for road traffic noise; chap.4.1 and table 1) Willingness-to-pay (WTP) per decibel (dB) per household (hh) per year, reported in national currencies in the year of the study and converted to euros. The euro values have been calculated using exchange rates as of January 2002, and adjusting to 2001–value using GDP deflators (used by the European Commission) for the respective countries where the studies were conducted.

<b>Study (Valuation Method)</b>	<b>Site (Scenario description) / Year of study</b>	<b>WTP /dB/hh/year (Original estimate in national currency in year of study)</b>	<b>WTP /dB/hh/year in euros (in 2001 price level)</b>
Pommerehne 1988 (CV)	Basel, Switzerland (50 % reduction in experienced noise level) / 1988	48 CHF (= 32 CHF/month for 8dB)	43
Thune-Larsen 1995 (CV and CA)	Residents around Oslo Airport Fornebu, Norway (50 % reduction in experienced noise level) / 1994	NOK 1.092 - 5.520 NOK (=91-460 NOK/month and 104-353 NOK/month for 8 dB; from CV and CE, respectively)	190 - 959
Faburel 2001 (CV)	Residents around the Paris- Orly airport (Elimination of noise annoyance) / 1999	8 euro (84 euro/year for 10 dB)	8

Note:

Results from two SP studies could not be reported in terms of WTP/dB/hh/year: Baarsma (2000) reported willingness-to-accept compensation (WTA) for an increment in the Dutch aircraft noise measure Ku, and Navrud (2000b) elicited WTP for a package of measures reducing aircraft noise and other types of transportation noise (and thus WTP for airport noise only cannot be separated out). These two studies are, however, described in the text above the table.

Faburel (2001) conducted a CV study of the benefits from eliminating aircraft noise annoyance around the Paris-Orly airport in France by a public program involving modification of flight paths. More than 600 residents were interviewed in 1999. In the most noise exposed areas ( $L_{Amax} > 80$  dBA), the annual, mean WTP per person was estimated at 83 euros while in the least exposed areas ( $L_{Amax}$  between 70 et 75 dBA), the WTP was 11 euros.  $L_{Amax}$  was used since this noise measure had the highest correlation with annoyance. Noise exposure, noise annoyance as well as non-acoustic variables as level of education, sensitivity to noise, had a significant effect on WTP.

Deriving household WTP (84 euros per year in average), benefits of the elimination of aircraft noise annoyance around Paris-Orly airport was estimated to 1.8 millions euros per year.

Table 2 compares the results of three of these SP studies in terms of the economic value per dB per household per year, which shows an even bigger variability in values than reported for road traffic noise in table 1. However, one should note that the results from these studies are not directly comparable as a change in noise level of e.g. 10 dB measured as maximum noise level  $L_{Amax}$  (used by Faburel (2001)) and average noise level  $L_{Aeq}$  (versions of this used by Pommerehne 1988 and Thune-Larsen 1995) are not directly comparable.

Due to the low number of SP studies on aircraft noise, and the wide range of values for both aircraft and road traffic noise, one cannot say whether aircraft noise is valued higher than road traffic noise, or vice versa.

#### **4.3. Rail noise**

Only two original valuation studies on rail noise have been identified; both of them HP studies. However, the CV scenario, annoyance level questions and noise exposure data of Navrud (2000b) also include railway noise.

In the Gamlebyen region in Oslo (near the Oslo Central Railway Station) Strand and Vågnes (2001) used both HP and a Delphi study (using a Multi Criteria Analysis technique) of real estate brokers to value rail noise. Using distance to the rail tracks as a proxy for noise level the HP study found that a doubling of the distance to the tracks would mean a 10 % increase in property prices. In the Delphi study, a mean WTP of 2.000 1996 NOK per meter increased distance to the track. All results are for apartments. For single family and detached houses the impact is 20-27 % higher than for apartments.

A HP study on railway noise in Sydney, Australia (Holsman and Paparoulas 1982) found that the occurrence of railway noise in areas with no benefits from increased accessibility reduce property prices by 10 %.

#### **4.4. Industrial noise and other types of noise**

No valuation studies on specifically on industrial noise have been identified. However, the HP study of Oosterhuis & Van der Pligts (1985) looked at both road traffic noise and industrial noise. They found a NSDI of 0.4 % for the combined impact of the two noise sources. The CV scenario, annoyance level questions and noise exposure data of Navrud (2000b) also included rifle range noise and industrial noise (but no noise exposure data for the latter).

## 5. THE POTENTIAL FOR BENEFIT TRANSFER OF EXISTING STUDIES

The noise valuation literature is dominated by HP studies (most of them old) on road traffic and aircraft noise of varying quality. However, NDSI estimates from HP studies seem to be problematic to transfer, both theoretically and in practice (Day 2001).

There is an increasing number of SP studies on road traffic noise, but only a few present WTP in terms of “euro per annoyed person per year” for different annoyance levels, which correspond to endpoints of ERFs. Due to the low number of studies that can be used for this approach, a “second-best” alternative is to evaluate all these SP studies with regards to quality (e.g. avoid using studies with scenarios based on changes in exposure rather than annoyance and health impacts), choose the best ones, and calculate a value in terms of “euro per dB per person per year”. The number of high quality European studies on road traffic noise might be sufficient to establish a EU value based on this approach. For noise from air, rail and industry there seem to be too few SP studies to evaluate whether the same values as for road traffic noise can be used. Due to the different characteristics of these four types of noise, one would expect that these exposure-based values would differ between different noise sources (while the preferred annoyance based unit value would probably not be so sensitive to the source of noise). Another uncertainty the pr. dB – approach faces is the conversion of WTP values for relatively large discrete changes in noise valued in SP studies to marginal values assuming linearity. Benefit function transfer might be used to reduce this uncertainty.

In addition to benefit transfer in space, one might also have to transfer values in time. This is usually one using the consumer price index (CPI) as a proxy. However, it is still an open question whether the CPI of the study country or the policy country that should be used. Also, one should consider whether the CPI is representative of the change in value over time for noise annoyance.

Conversion of values expressed in national currencies to euro is also somewhat more complicated than simply using of financial exchange rates. Environmental goods and health are most closely analogous to a consumable, i.e. it is something that respondents would “buy” with disposable income, in order to generate welfare or utility. The decision whether to “buy” the environmental and health improvement at the price given is therefore critically dependent on the prevailing prices at which other consumable goods can be purchased. However, for many reasons, similar market goods cost different amounts of money in different countries. These price differences must be considered when converting values from one currency to another. Purchasing Power Parity (PPP) exchange rates that reflect differences in the national average prices for the standardized bundle of goods provides a practical solution to theoretically correct conversions between currencies. OECD publishes average annual PPP indexes (with US \$ as the baseline) for all OECD-countries.<sup>10</sup> However, it is not known whether such corrections with Purchase Power Parity (PPP) indices and adjustments with national or EU-average Consumer Price indices (CPI), would reflect the change in noise valuation over time and space.

---

<sup>10</sup> These PPP indices are national averages (EU15 average values are also reported). If the study area of the valuation study is a large city, where price levels tend to be higher than the respective national average, using national average PPP values would overestimate the value.

## **6. WHAT SHOULD BE THE CUT-OFF POINT FOR VALUING NOISE ?**

When using economic values per dB, practice among transportation authorities in Europe and the US has been to use different cut-off points for different modes of transportation. Typically a “bonus” of 5 dB is given to rail, compared to road and air to correct for the fact that rail noise at the same noise level is less disturbing than road traffic and aircraft noise. This means cut-off points of 55 dB for air and road, and 60 dB for rail, which means zero damage costs of noise below these levels.

Exposure-response functions for transportation noise show that people are annoyed by noise at levels below 55 dB (Miedema and Vos 1998, 1999 and Finegold et al 1994), and that elimination of noise annoyance occurs at 37-40 dB (and theoretically even lower, but in practice other noise sources, e.g. noise from neighbours, would dominate at lower levels of transportation noise). The review of valuation studies also shows that people exposed to noise levels below 55 dB and/or are not annoyed by noise have a positive willingness-to-pay (WTP) for noise reducing measures like noise absorbing road covers and improved tires (see e.g. Navrud 1997). To avoid underestimation of benefits of such measures, which reduce road traffic noise for both high and low levels of initial noise (as opposed to e.g. noise screens in locations with high noise levels), the cut-off point for noise should be below 55 dB. However, both ERFs and economic value estimates for annoyance become very uncertain below 50 dB due to few empirical studies at these low noise levels. Thus,  $L_{den} 50$  could be used as an interim cut off point for economic valuation. However, even this cut-off point will most probably produce conservative estimates (underestimates) of benefits from reduced noise annoyance, which could lead to “wrong “outcomes” of CBAs of noise reducing measures which also have a positive impact on a high number of houses with low initial levels of noise.

## **7. WHAT VALUE SHOULD BE USED BEYOND THE CUT-OFF POINT?**

Ideally, interim economic values for noise should be based on results from high quality valuation studies only, i.e. valuation studies using state-of-the-art methodology and preferably constructed with benefit transfer in mind.

There seems to be two alternative units in which interim values for noise could be presented: (i) Economic value per person annoyed per year; with separate values for each level of annoyance (in accordance with endpoints from ERFs), and (ii) Economic values per dB per person (household) per year

Both alternatives should be based on results from SP studies. This will avoid the problems isolating the value of noise annoyance in HP studies, making all the uncertain assumptions by converting NDSI values from HP studies to values per dB per person per year, and avoid the problems of benefit transfer of HP studies noted by Day (2001).

Alternative i) is the preferred one, as marginal values needed for benefit transfer are elicited directly from SP studies (also containing questions about the respondents current level of annoyance). This eliminates the need for many strict and unrealistic assumptions needed to construct marginal values (pr. dB) from values for discrete changes in noise levels and noise annoyance (see page 20). Values per annoyed person per year at different annoyance levels are also thought to be more stable (and easier and more transparent to adjust) across time and space, since it is based directly on a measure of individual preference (instead of the indirect, technical measure of dB).

However, since there are currently few SP studies reporting economic values per annoyed person per year (see sections 3 and 4), alternative ii) could be considered when constructing interim values. The value per dB per person per year would have to vary with different initial noise levels (Most of the existing SP studies have initial noise levels in the 55-65 dB range). Tables 1 and 2, summarizing the results from SP studies on road traffic and aircraft noise, respectively, clearly shows the large variability in estimates of WTP per dB per household per year. It is difficult to narrow these ranges of values down to specific, reliable interim values, but an interim range of 2-32 euro per household per dB per year seems reasonable for road traffic noise. For aircraft noise there are too few studies to defensibly narrow the large range shown in table 2. For other noise sources the empirical evidence is close to non-existent.

## **8. SAME VALUE FOR NOISE FROM DIFFERENT TRANSPORTATION MODES?**

The noise measure  $L_{den}$  corrects for different distribution of noise over time, but not the content and composition of noise. An example: A classical music concert and a rock music concert might have the same  $L_{den}$  level, but the noise have very different contents and composition, and the enjoyment/annoyance of these two concerts would vary between individuals according to their preferences (An important difference between this example and transportation noise is that the latter noise source individuals in most cases are involuntarily subjected to).

Aircraft noise is often considered to be the worst since it is characterised by infrequent events with very high noise levels. Rail noise has the same characteristics, but opposed to aircraft noise you can hear the train coming well in advance and prepare for the high noise level when it is passing. Also it is easier to find effective noise reducing measures against rail noise, while it is more difficult to protect households from air noise (i.e. noise coming through the roof). However, if there are few or no restrictions on night traffic, train noise cause high levels of sleep disturbance. In situations with restrictions on rail noise during the night, road traffic noise is ranked higher in terms of noise annoyance than rail, but lower than air. Road traffic is characterised by more frequent and constant levels of noise than air and rail noise. The annoyance from industrial noise will vary dependent on the type of industry and noise. Single tone component noise is more disturbing than noise over a wide spectre, and sharp increases in noise levels (e.g. hammering) is more disturbing than a constant noise level (e.g. ventilation system, fans). Thus, the same  $L_{den}$  level for different sources gives different levels of annoyance. This is also reflected in ERFs for noise from different sources (see appendix 5).

Results from a recent HP study in Glasgow including data on both aircraft and road traffic noise in Glasgow also indicate that reductions in aircraft noise are valued higher than road traffic noise (Bateman et al 2000; table 9-3).

In a situation where individuals are exposed to *multiple sources of noise*, measures to reduce one dominating source (especially if the decibel level is below 65dBa) or one out two equal noise sources will have little effect on the level of annoyance as the other sources will take over and dominate. (e.g. shutting down an airport makes people at some distance from the airport more aware of and annoyed by nearby roads traffic noise). Therefore, action plans towards noise must consider all noise sources (especially when the noise level is below 65 dB(A); at higher noise levels there is a more significant effect of reducing one noise sources, and they may be treated source by source). Also, the effect on total annoyance by different environmental factors might be little affected by a measure to reduce noise from one or several sources if e.g. levels of air pollution (causing health impacts and visibility effects),

visual intrusion and accident risks are constant. Therefore, one should shift the focus from noise alone to look at the total annoyance level and welfare effect of all environmental factors that affect households.

If we use annoyance level - based units of value, we should be able to use the same value for all noise sources (since the difference between noise sources is “taken care of” in the different ERFs between noise levels and noise annoyance), while noise exposure - based values would have to be different for different noise sources to correct for their different characteristics and level of annoyance at the same dB level

## **9. SHOULD THE VALUE FOR ALL MEMBER STATES AND ACCENSION COUNTRIES BE THE SAME?**

Economic values per dB per person per year, estimated from SP studies or NDSIs found in HP studies could certainly vary both between socio-economic groupings (e.g. income groups) within a EU country and between EU countries. A meta analysis of HP studies on road traffic noise suggests that the implicit price of noise (NDSI) will be higher in property markets where households are relatively wealthier and where the general level of pollution is relatively higher (Bertrand, 1997). Smith and Huang (1995) found the same results for air pollution in a meta analysis of HP studies.

The level of annoyance from the same decibel level measured outside the house ( $L_{den}$ ) could be different in different countries because of: different building traditions and climates (wood, brick, insulation, double glazing in cold climate protects against low temperature and noise), activity level outdoor and proportion of time spent indoors/outdoors (e.g. in the Nordic countries garden activities are mainly in the summer), the kind of activity (i.e. different activities are differently affected by noise), and income level in the country (seem to be less annoyed by noise in low income countries - e.g. give priority to other effects). Even the economic value of specific noise annoyance levels (believed to be less subject to benefit transfer error) could vary between countries according to income, although there is little empirical evidence of this effect. CV studies using “road traffic noise annoyance elimination scenarios” found mean annual WTP per household to represent 0.35, 0.32 and 0.19 % of the mean annual income of the population interviewed in the Rhone-Alpes region in France (Lambert et al 2001), Helsinki, Finland (Vainio 1995, 2001) and Pamplona in Northern Spain (Barreiro et al 2000), respectively. The lower value of Barreiro op. cit could, at least partly, be explained by the fact that they used a CV scenario that could be interpreted as not eliminating noise annoyance completely.

Thus, there seems to be some empirical support for a lower value in the ascension countries (and EU15 countries with below average EU15 per capita incomes) than other EU 15 countries, if we use an exposure based unit for the economic value of noise, but less so for annoyance based units. Using lower economic values in ascension countries implies accepting higher noise emissions in these countries. Following the same procedure as recommended in the case of mortality values for CBAs with the EC, this means adjusting the noise value with PPP indices. However, there are also reasons to argue for the use of the same value in all EU countries. The first reason for recommending the same central values for all EU15 and ascension countries is purely ethical. EU countries do not discriminate within their own

populations on the basis of income and it is not right that the EU should do so either. Secondly, whilst, theoretically, willingness to pay varies with income, it also varies with a number of cultural and social factors and their influence may be greater than that of income alone. (People in ascension countries might be even more annoyed than people in EU 15 countries at the same noise level due to serious health problems and financial/social problems). Therefore, without hard empirical evidence it would be misleading to adjust between populations solely on the basis of income. The proposal for a Directive on the Assessment and Management of Environmental Noise (END annex III) recommends that specific ERFs should be presented for different climates and different cultures, which also would reduce the need for different economic values for the same annoyance level.

## 10. RESEARCH GAPS

A number of research gaps have been identified, and are discussed below (in random order):

- 1) In order to apply the Damage Function Approach to value welfare loss from noise annoyance, there is a need for more Stated Preference studies. These studies should include questions about annoyance levels in order to improve economic estimates per person per year for each annoyance level (including “not annoyed at all”, to capture pure altruistically motivated WTP). The annoyance level questions should be based on an international standard, which should be checked for the potential of misunderstanding when translating the questions from English to other languages. The annoyance levels also have to correspond with endpoints of existing ERFs for noise annoyance.

There is also a need for improved scenario descriptions both in CV and CE studies, focusing on impacts and level of annoyance instead of change in exposure. This means avoiding the typical “50 % reduction in noise level” – description, and instead using e.g. a “elimination of noise annoyance” – scenario (Note that this is elimination of noise annoyance and not the noise, which, at least outdoors, would be an unrealistic impact of most noise reducing measures)

Conducting the same SP study in several European countries at the same time would provide a test on the validity of benefit transfer of noise values between countries (see Ready et al 1999 for such a test of the value of respiratory illnesses caused by air pollution).

- 2) The noise measure  $L_{den}$  is based on a weighted average of the noise level during the day (12 hours), evening (4 hours) and night (8 hours) (with default values 07.00-19.00, 19.00-23.00 and 23.00-07.00 hours local time, respectively). 5 and 10 decibel (dB) is added to the actual noise level for evening and night, respectively, to correct for differences in annoyance at the same dB level during day, evening and night. However, we do not know if the affected persons value noise during day, evening and night in the way assumed by these weights in all Member countries, and whether valuation of noise annoyance at different times of the day correspond with these weights. There is therefore a need for a comparative Stated Preference valuation study of noise annoyance in the Member countries (or a “representative” sample of them), which should also include standard questions on level of noise annoyance.

- 3) DETR (1999) in their review of studies note that: “almost all the studies identified are limited to valuations of road and air traffic noise exposure in the home only. While very little data on alternative sources and exposures to noise currently exists, the measurement of noise costs in different contexts is crucial, and exposure to different types of noises at work, at home, at leisure and while travelling all need to be considered if the effects of noise pollution are not to be understated”. More studies are therefore needed on rail and industrial noise.

All economic valuation studies focus on noise annoyance. Therefore, there is a lack of valuation studies for other social benefits from noise reducing measures, e.g. sleep disturbance. Improved exposure response functions (ERFs) are also needed for noise annoyance, especially for rail and different types of industrial noise, and for other impacts of noise e.g. ERFs between  $L_{\text{night}}$  and sleep disturbance for all transportation modes and industrial noise. If we move from using noise annoyance values as an indicator of total welfare loss of noise to value each impacts (along the lines suggested by Hunt 2001), we also need studies of whether (and to what extent) people include welfare loss due to sleep and communication disturbances when asked to value noise annoyance in SP studies, to avoid double counting and overestimation.

- 4) Annoyance ERF studies and valuation studies should also look at the effect of noise reducing measures in situations with multiple noise sources and also consider noise in the broader context of all environmental factors affecting peoples well-being (Klæboe et al 2000).
- 5) New CV and CE studies should be constructed to provide values for endpoints of exposure- response functions (ERFs) of noise annoyance in terms of values per person highly annoyed (HA), or rather values from the new five-level annoyance scale which should be used in new CV and CE studies. More research is also needed to include welfare loss for people exposed to lower annoyance levels. One option is to construct ERFs and economic values for each annoyance level. However, the evidence is mixed with regards to whether one can produce economic estimates that are significantly different for each annoyance level (While Lambert et al (2001) found a significant effect in France (Rhône-Alpes Region) for road traffic noise, Navrud (2001) did not in Norway for road traffic in Oslo and for multiple noise sources in an area around the Oslo Airport).

An alternative could be to try to construct economic values for the “annoyance score” (AS) constructed by Miedema and Vos (1998, 1999) or the three categories (annoyance levels) constructed from the same index (Miedema and Oudshoorn 2001). This could either be based on existing CV and CE studies and use weights they (implicitly) apply to the different annoyance levels, or better; based on new empirical studies which also test the validity of these weights (i.e. to test whether individual preferences correspond with expert assessments by noise annoyance researchers).

SP studies of scenarios involving reductions in night noise only are needed in order to calculate unit values for people annoyed by changes in the  $L_{\text{night}}$ .

- 6) The natural unit of economic value in CV and CE studies is the household (since financial decisions in a household are taken on a household level rather than at the individual level), while ERFs use “persons annoyed” as their endpoint. More research is needed to establish rules and factors of conversion between economic values per person and per household.



Persons within the same household exposed to the same noise level could also be annoyed to different degrees. Therefore, the practical procedure of using the average number of persons per household as the conversion factor is a simplification that needs to be tested.<sup>11</sup>

- 7) Different noise annoyance scales are used both in noise annoyance studies and SP studies. This makes it difficult to construct general ERFs for annoyance, general economic values for annoyance and to link endpoints of ERFs with the economic estimates. Work to standardize the annoyance scale is now undertaken (as a technical specification under the ISO system; see ISO 2001), but standard conversion factors between the different scales used are also needed to take advantage of the large number of existing studies.
- 8) ERFs, level of noise annoyance and economic values at noise levels below  $L_{den} 50$  are very uncertain, and more empirical studies are needed to be able to set a lower cut-off point and avoid underestimation of social benefits of noise reducing measures affecting low noise levels. Note that even if the economic benefit per exposed household is lower for households at lower initial noise levels (compared to very high noise levels), there are many more households affected at low noise levels. Thus, aggregated benefits over all affected individuals could be just as high for measures reducing noise at low noise levels (e.g. low noise tires) compared to measures implemented only for households at high noise levels (e.g. noise screens). However, one should check for situations where other noise sources take over when the dominating noise source is reduced or eliminated, and control for this in order to avoid overestimation of social benefits from measures reducing noise from the initially dominating source.

## ACKNOWLEDGEMENT

I would like to thank the main contact person of DG Environment of the European Commission, Matti Vainio, and all participants of the Noise Valuation Workshop organized by DG Environment on December 14<sup>th</sup> 2001 for interesting discussions, constructive comments on the first draft, and for providing references to noise valuation studies from all over Europe and North America. Special thanks go to Thomas Bue Bjørner, Ronny Klæboe, Jacques Lambert, Linda Madalik, Stephan Schmid and Matti Vainio for their detailed and very helpful comments on the draft final report. All remaining errors and views expressed remain the sole responsibility of the author.

---

<sup>11</sup> Evidence from CV studies on morbidity shows that adults value avoidance of respiratory symptoms to their children higher than to themselves and (Navrud 2001), and it is still an open question whether this is the case for children annoyed by noise. This will obviously affect the conversion from economic value per person to per household. Navrud op cit also found that willingness-to-pay (WTP) to avoid respiratory symptom days for all members of the household was 1.6-1.8 times higher than WTP to avoid own symptom days (which is lower than the average household size in Norway of 2.22 persons, which is again slightly higher than the EU average of 2.16 persons per household).

## REFERENCES

- Arsenio, E., A.L. Bristow and M. Wardman 2001: An innovative stated preference computer survey model for valuing noise impacts from road traffic. Institute for Transport Studies, University of Leeds, United Kingdom.
- Baarsma, B. 2000: Monetary Valuation of Environmental Goods: Alternatives to Contingent Valuation. Ph.D. thesis University of Amsterdam, The Netherlands. Tinbergen Institute Research Series no. 220.302 pp.
- Barreiro, J, M. Sánchez and M. Viladrich-Grau 2000: How much are people willing to pay for silence? A one and one-half-bound DC CV estimate, in *Proceedings of Internoise 2000*, Vol. 5, pp 3408-3412, Nice, France. (Also published in Documentos de Trabajo (D.T.) 2001/03, Department of Economics, Public University of Navarra, Pamplona.)
- Bateman, I. J., Langford, I. H., Munro, A., Starmer, C. and Sugden, R. (forthcoming), 'Assessing the Four Hicksian Measures of Welfare Change for a Public Good: A Contingent Valuation Survey of Road Disamenity', in Pearce, D.W. and Turner, R. K. (eds.) *Environmental Benefits Estimation*, Edward Elgar, Cheltenham.
- Bateman, I. J., Day, B., Lake, I. and Lovett, A. A. (2000): The Effect of Road Traffic on Residential Property Values: A Literature Review and Hedonic Pricing Study. Report (March 2000) to The Scottish Office, Development Department, Edinburgh, School of Environmental Sciences, University of East Anglia, Norwich.
- Bertrand, N. F. (1997). *Meta-analysis of studies of willingness to pay to reduce traffic noise*, unpublished MSc dissertation, University College London.
- Bickel, P., Schmid, S., Friedrich, R., Krüger, R., Droste-Franke, B., Krewitt, W. (IER), Doll, C. (IWW) (2001): *Pilot Accounts Environmental Costs, Germany 1998*. Contribution to D5 of the UNITE project funded under the 5th EU Framework Programme by DGTREN. IER, niversity of Stuttgart.
- COWI 1998: Vurdering af støjomkostninger ved banetransport, København-Ringsted. (In Danish). Report to the Danish Rail Agency (Banestyrelsen). November 1998.
- COWI 2001: Trafikøkonomiske Enhedspriser – opdatering og nmetoderevision 2000. (In Danish) Report to the Danish Directorate for Public Roads (Vejdirektoratet), Draft August 2001.
- Day, B. 2001: The theory of Hedonic Markets: Obtaining welfare measures for changes in environmental quality using hedonic market data. March 12<sup>th</sup> 2001, Economics for the Environment Consultancy (Eftec), London.
- DETR 1999: *Review of Studies On External Costs of Noise*. Prepared by Rhian Hawkins, Environment Protection Economics Division, DETR (now DEFRA). July 1999.
- ECMT 1998: Efficient transport for Europe, Policies for internalisation of external costs, ECMT (European Conference of Ministers of Transport). ISBN 92-82-11226-8

- Faburel, G. 2001: Le bruit des avions - Evaluation du coût social. Presses Ponts et Chaussées (in French) University of Paris 12, France. (Summary in English, see chapter 4.2, provided by professor Jacques Lambert).
- Finegold, L.S., C.S. Harris, and H.E. von Gierke. 1994. Community Annoyance and Sleep Disturbance: Updated Criteria for Assessing the Impacts of General Transportation Noise on People. In *Noise Control Engineering Journal*, Volume 42, Number 1. pp. 25-30. January-February.
- Foster, C. and Beesley, M. (1963), 'Estimating the Social Benefits of Constructing an Underground Railway in London', *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, 126, pp46-58
- Frankel, M 1988: The Effects of Airport Noise and Airport Activity on Residential Property Values: A Survey Study. BEBR Faculty Working Paper No. 1450. College of Commerce and Business Administration, University of Illinois, Urbana-Champaign, USA.
- Furlan, S. 1996: *Evaluation du coût externe du bruit généré par le trafic automobile pour la ville de Paris* (External cost of road traffic noise in Paris). In French. University of Bourgogne - Institut Français du Pétrole. Ph.D: thesis. (Published in *Economia delle fonti di energia* no. 3, 1996)
- Gamble, H. B., O. H. Sauerlender and C. J. Langley 1974: Adverse and beneficial effects of highways on property values, *Transport Research Record*, 508, pp 37-48.
- Garrod, G. D., Scarpa, R., and K. G. Willis (2001). Estimating The Benefits of Traffic Calming on Through Routes: A Choice Experiment Approach. Forthcoming in *Journal of Transport Economics and Policy*.
- Gillen, D.W. and T. J. Levesque 1989: Alternative methodologies for determining the impact and valuation of aviation noise: A survey of the applications.. Technical report 89/02.
- Gillen, D.W. and T. J. Levesque 1991: Measuring the noise costs of alternative runway expansions at the LBPIA using residential housing markets. Report prepared for Major Crown Project, Transport Canada. April 1991.
- Grue, B, J.L. Langeland & O.I. Larsen 1997: Boligpriser - effekter av veitrafikkbelastning og og lokalisering (In Norwegian). TØI - report 351/1997. Institute of Transport Economics (TØI), Oslo, 43 pp.
- Hammar, T. 1974: Trafikimmissioners inverkan på villapriser.(in Swedish) Directorate for Public Roads (Statens Vägverk), Stockholm, Sweden..
- Hiron, B 1999 : L'évaluation du coût du bruit en milieu urbain : méthodes des prix hédoniste et méthode d'évaluation contingente à l'épreuve (In French). Thèse pour le Doctorat de Sciences économiques, option Economie des Transports (Ph..D. thesis in transport economics), University of Lyon II, June 1999.

- Hjort-Andersen, C. 1974: Prisen for stilhed. (In Swedish). *Nationaløkonomisk Tidsskrift* (i.e. the Journal of Economics in Denmark) 1978:1; 23-42.
- Hoffman, J.V. 1984: *Flytrafikk og boligpriser - 1984. Undersøkelse om flystøybelastningens innvirkning på boligpriser i Bodø*. (In Norwegian). Institute of Transport Economics, Oslo. Working Paper, 42 pp.
- Holsman, A. J. & Paparoulas, A. 1982. Impact of the Eastern Suburbs Railway on Property Prices in Edgecliff, NSW. *The Valuer* ; 255-260.  
[http://www2.epa.nsw.gov.au/envalue/studydetail.asp?id\\_study=220](http://www2.epa.nsw.gov.au/envalue/studydetail.asp?id_study=220)
- Hunt, A. 2001: *Monetary valuation of noise effects*. Prepared for the EC UNITE Project (sub-contracted to IER- University of Stuttgart). Metroeconomica ltd., Draft final report. May 9<sup>th</sup> 2001. 27 pp.
- ISO 2001: Draft technical specification ISO/DTS 15666: *Acoustics - Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys*. April 2001
- JMP Consultants 1996: *Monetary valuation of road traffic nuisance*, report to the Department of Transport, Job No. 8329.
- Johansson, J. 2001: Den svenska modellen för att värdera trafikbuller. (In Swedish). SIKA report ([www.sika-insitute.se](http://www.sika-insitute.se)). In Proceedings from a workshop on economic valuation of environmental impacts of transportation March 5-6, 2001 in Oslo, Norway. MISA report 01/05, Norwegian Directorate of Public Roads (Vegdirektoratet), Oslo.
- Klæboe, R. et al 2000: Oslo traffic study - part 1: an integrated approach to assess the combined effects of noise and air pollution on annoyance. *Atmospheric Environment*, 34, (27); 4727-4736.
- Kluizenaar, de Y., Passchier-Vermeer, W., Miedema, H.M.E. (2001): *Adverse effects of noise exposure on health: a state of the art summary*. Prepared for the EC Project UNITE (sub-contracted to IER- University of Stuttgart). TNO Prevention and Health, Leiden, September 2001.
- Lake, I., Lovett, A. A., Bateman, I. J. and Langford, I. H. 1998 Modelling Environmental Influences on Property Prices in an Urban Environment', *Computers, Environment and Urban Systems*, 22(2), pp121-136.
- Lambert, J. 2000: Using Monetary Values of Noise for Transport Policy Decisions: Current Practice and Future Developments in France. INRETS-LTE, France. Paper in Internoise 2000 Proceedings, Vol. 5 pp. 3413-3418, Nice, August 27-30, 2000.
- Lambert, J., F. Poisson and P. Champlovier 2001: Valuing benefits of a road traffic noise abatement programme: a contingent valuation study. INRETS-LTE, Bron, France. Paper presented at the 17<sup>th</sup> International Congress on Acoustics, Rome, September 2-7, 2001.
- LMV 1998: Värderingsmodell for vägtrafikimmissioner – marknadsvärdeinverkan på småhus. (In Swedish) LMV Report 1998:7, Lantmäteriverket (National Land Survey), Gävle, Sweden..

- Locatelli Biey, M. 1994: Abitaziononi e disponibilità a pagare dei cittadini. Un ´applicazione del metodo dei prezzi edonici (Housing and willingness to pay of households. An application of the Hedonic Price method). (In Italian). Unpublished paper.
- Maddison, D., Pearce, D., Johansson, O., Calthrop, E., Litman, T. and Verhoef (1996), 'Blueprint 5, The True Costs of Road Transport', Earthscan, London
- Miedema, H.M.E.and H. Vos 1998: Exposure-response relationships for transportation noise. *J. Acoust. Soc. Am.* 104 (6), December 1998
- Miedema, H.M.E and H. Vos 1999: TNO report PG/VGZ/00.043 Supplement to *J. Acoust. Soc. Am.* 104 (6), December 1998 "Exposure-response relationships for transportational noise".
- Miedema, H.M.E. and C.G.M. Oudshoorn 2001: Annoyance from Transportation Noise: Relationships with Exposure Metrics DNL and DENL and Their Confidence Intervals. *Environ Health Perspect* 109:409-416 (TNO-PG, Leiden, The Netherlands).
- R.C. Mitchell and R.T Carson, *Current Issues in the Design, Administration and Analysis of Contingent Valuation Surveys*, P.O: Johansson, B. Kriström and K.G: Mäler (eds): Current Issues in Environmental Economics. Manchester University Press, 1995
- Ministry of Transport - Road Directorate 1998: Méthodes d'évaluation économique des investissements routiers en rase campagne. (In French - Economic assessment methods of road investments in rural areas). October 1998, Paris.
- Navrud, S. 1997: Luftforurensninger - effekter og verdier (LEVE). Betalingsvillingsvillighet for å unngå helseeffekter, støy og forsuring. (In Norwegian). Report 97:14. National Pollution Control Authority (Statens Forurensningstilsyn), Oslo, Norway..
- Navrud, S. 1999a: Pilot Project to Assess Environmental Valuation Reference Inventory (EVRI) and to Expand Its Coverage to the EU. Part I. Evaluation of EVRI for European Conditions. Report to the European Commission - DG Environment.  
<http://europa.eu.int/comm/environment/enveco/studies2.htm#24>
- Navrud, S. 1999b: Kunnskapsstatus om beregning av nytte ved støyreduserende tiltak.(In Norwegian). Final report March 10 1999 to the Norwegian Ministry of Environment. ENCO Environmental Consultants, Lysaker, Norway.
- Navrud, S. 2000a: Anvendelse av skadefunksjonsmetoden på miljø- og helseeffekter av vegprosjekter. (In Norwegian) Final report on project 30324 to the Directorate for Public Roads, April 7 2000. Department of Economics and Social Sciences, Agricultural University of Norway, Ås, Norway.
- Navrud, S. 2000b: Economic benefits of a program to reduce transportation and community noise – A contingent valuation survey. In *Proceedings of Internoise 2000*, Nice, France.

- Navrud, S. 2001: Evaluering av svensk model for utmåling av erstatning for nærføringsulemper. (In Norwegian) Final report to the Directorate for Public Roads, May 12 2001. Department of Economics and Social Sciences, Agricultural University of Norway, Ås, Norway.
- Navrud, S. forthcoming: Valuing Health Impacts From Air Pollution in Europe. New Empirical Evidence On Morbidity. (Paper presented at the World Congress for Environmental and Resource Economists, June 25-27 1998, Venice, Italy.) Forthcoming in *Environmental and Resource Economics*
- Nelson, J. P. (1980). "Airports and property values: A survey of recent evidence", *Journal of Transport Economics and Policy*, 14(1), pp 37-52.
- Nelson, J. P. (1982). "Highway noise and property values: A survey of recent evidence", *Journal of Transport Economics and Policy*, 16(2), 117-38.
- Newbery, D.M. (1995), 'Royal Commission Report on Transport and the Environment - Economic Effects of Recommendations', *The Economic Journal*, 105, pp1258-1272.
- Ohm, A. 2001: *External Costs of Transport. 3<sup>rd</sup> Report – Estonia. Noise section*. Draft September 2001. COWI, Denmark. Report to the Estonian Ministry of Transport and Communication and the Danish Ministry of Transport.
- Oosterhuis F. & Van der Pligt 1985: Kosten der Baten van de Wet Geluidshiner. (In Dutch). Commissie Evaluatie Wet Geluidshiner. CW-AS-06.
- Palmquist, R.B. 1984: Estimating the demand for characteristics of housing. *Review of Economics and Statistics*, 66; 394-404.
- Pearce, D., Ozdemiroglu, E., Eyre, N. and Steele, P. (1997), 'Fuel and Location Effects on the Damage Costs of Transport Emissions', *Journal of Transport Economics and Policy*, January, pp5-24
- Pennington, G., Topham, N. and Ward, R. (1990), 'Aircraft Noise and Residential Property Values Adjacent to Manchester International Airport', *Journal of Transport Economics and Policy* 24, pp44-59.
- Pommerehne, W.W. 1988: *Measuring Environmental Benefits: A Comparison of Hedonic Technique and Contingent Valuation* in by Dieter Bos, D. M. Rose and C. Seidl (eds.): *Welfare and Efficiency in Public Economics*, Springer; Berlin, Heidelberg, New York:
- Scarpa, R. Willis, K. G. and G. D. Garrod 2001a. Estimating WTP for Effective Enforcement of Speed Reduction from Dichotomous-Choice CV: The Case of Rural Trunk Roads. *Environmental and Resource Economics*, 20 (4); 281-304.
- Scarpa, R. G.D. Garrod and K. Willis 2001b. Economic Valuation of Environmental Goods. Valuing local public goods through stated preference methods: a multi-attribute choice-modeling and contingent valuation study to value the economic benefits of traffic calming schemes in Northern Rural England, *Palazzo Franchetti, Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti, Venice, 11 May, 2001*.

- Schipper, Y. J. J. (1996). *On the valuation of aircraft noise: A meta-analysis*, unpublished paper, Tinbergen Institute, Free University of Amsterdam.
- Schmid, S., Bickel, P. and Friedrich, R. (2001): *External cost calculation for selected corridors*. Deliverable 4 of the RECORDIT project (Real cost reduction of door-to-door intermodal transport) funded under the 5th EU Framework Programme by DGTREN, IER. University of Stuttgart.
- Schomer, P. 2001: A White Paper: Assessment of noise annoyance. Report April 22, 2001, Schomer and Associates, Inc., Champaign, Illinois, USA  
[www.schomerandassociates.com/pdfs/NoiseAnnoyance.pdf](http://www.schomerandassociates.com/pdfs/NoiseAnnoyance.pdf)
- Smith, V.K. and J.C. Huang 1993: Hedonic models and air pollution. Twenty-five years and counting. *Environmental and Resource Economics* 3, 381-394
- Soguel, N. 1991. *Evaluation de cout social du bruit genere par le trafic routier en Ville de Neuchatel*, IRER, WP N°. 9105, Universite de Neuchatel
- Soguel, N., 1994a: *Measuring Benefits from Traffic Noise Reduction Using a Contingent Market*, Centre for Social and Economic Research on Global Environment (CSERGE), Working Paper GEC 94-03
- Soguel, N. 1994b. *Evaluation monetaire des atteintes a l'environnement: Une etude hedoniste et contingente sur l'impact des transports*, Imprimerie de L'evolve SA Neuchatel.
- Sowerby, K., Jackson, S., Green, C. H., Tunstall, S. M. and Garner, J. (1996), 'Monetary Valuation of Road Traffic Nuisance', Report to the Department of Transport, London: JMP Consultants.
- Strand, J. & Vågnes, M. 2001: The relationship between property values and railroad proximity: A study based on hedonic prices and real estate brokers' appraisals. *Transportation*, 28, 137-156
- Sælensminde, K. & F. Hammer 1994: *Verdsetting av miljøgoder ved bruk av samvalgsanalyse. Hovedundersøkelse*. TØI report 251/1994. Institute for Transport Economics (TØI), Oslo. 59 pp.
- Sælensminde, K. 1999: Stated Choice Valuation of Urban Trafddic Pollution. *Transportation Research Part D*, 4; 13-27.
- Sælensminde, K. 2000: Valuation of nonmarket goods for use in cost-benefit analyses. Methodological issues. Ph.D: dissertation 1999, Department of Economics and Social Sciences, Agricultural University of Norway. TØI report 491/2000. Institute for Transport Economics (TØI); Oslo.
- Thune-Larsen, H. 1995: Flystøyavgifter basert på betalingsvillighet. (In Norwegian) TØI-report 289/1995. Institute for Transport Economics (TØI), Oslo. 86 pp.

- TNO 2001: Draft report on noise exposure-response relationships. Prepared for the EC UNITE Project (sub-contracted to IER- University of Stuttgart). TNO, The Netherlands.
- Vainio, M., 1995 *Traffic noise and air pollution. Valuation of externalities with Hedonic Price and Contingent Valuation methods.*, Ph. D. dissertation. Helsinki School of Economics and Business Administration, Acta Universitatis Oeconomicae Helsingiensis, A-102, ISBN 951-702-799-0.
- Vainio, M. 2001: Comparison of hedonic prices and contingent valuation methods in urban traffic noise context. Paper presented at the 2001 International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering, The Hague, The Netherlands, August 27-30 2001.
- Walters, A. A. (1975). *Noise and prices*, Oxford University Press, London.
- Wenstøp, F., O. Bergland and A.C. Carlsen 1994: *Valuation of Environmental Goods with Expert Panels*. Research Report 1994/1. Norwegian School of Management, BI, Sandvika.
- Wibe, S. 1997: Efterfrågan på tyst boende (The demand for quiet dwellings) (In Swedish) Report to Byggforskningsrådet, Stockholm, Sweden. Report (Anslagsrapport) no. A4:1997.
- Weinberger, M. 1992: Gesamtwirtschaftliche Kosten des Larms in der Bundesrepublik Deutschland (In German) (Social costs of noise in the Federal Republic of Germany). *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* 39; 91-99.
- Wilhelmsson, M. 1997: Trafikbuller og fastighetsvärden – en hedonisk prisstudie. (In Swedish). Unpublished report. Division of Construction Management and Economics, The Royal Institute of Technology, (Kungliga Tekniska Högskolan, Avdelningen för bygg- och fastighetsekonomi), Stockholm, Sweden
- Willis, K. G., Garrod, G. D. and Powe, N. A. (1995), 'Valuation of Urban Amenities Using an Hedonic Price Model', *Journal of Property Research* 12, pp137-147



## APPENDIX 1

### SEARCH FOR NOISE VALUATION STUDIES IN THE DATABASE *ENVALUE*

<http://www2.epa.nsw.gov.au/envalue/>

(Click the author(s) to see details of each study, as listed in ENVALUE)

ENVALUE presents studies in four different transportation noise categories ( see below):

#### ENVALUE - Airport Noise Valuation Studies

Author	Year	Country	Location	Method
<> Abelson (1978)	1972-73	Australia	Sydney,	Hedonic Price Method
<> BIS Shrapnel Pty Ltd (1990)	1988	Australia	Sydney,	Hedonic Price Method
<> Burns & Associates (1989)	1988	Australia	Adelaide,	Hedonic Price Method
<> Coleman (1972) in Pearce (1978)	Not reported	United States	Los Angeles,	Hedonic Price Method
<> Collins and Evans (1994)	1985-1986	United Kingdom	Stockford, Manchester International Airport, Manchester	Hedonic Price Method
<> de Vany (1976) in Nelson (1980)	1970	United States	Dallas,	Hedonic Price Method
<> Dygert (1973) in Nelson (1980)	1970	United States	San Francisco and San Jose,	Hedonic Price Method
<> Emerson (1972) in Nelson (1980)	1967	United States	Minneapolis,	Hedonic Price Method
<> Gautrin (1975) in Nelson (1980)	1968-69	United Kingdom	Heathrow,	Hedonic Price Method
<> Hoffman (1984) in Barde & Pearce (1991)	Not reported	Norway		Hedonic Price Method
<> Holsman & Aleksandric (1977)	1959-73	Australia	Sydney,	Hedonic Price Method
<> Levesque (1994)	1985-1986	Canada	Winnipeg International Airport	Hedonic Price Method
<> Mark (1980)	1969-70	United States	St. Louis,	Hedonic Price Method
<> Maser (1977) in Nelson (1980)	1971	United States	Rochester,	Hedonic Price Method
<> Mason (1971) in Streeting (1990)	1971	Australia	Sydney,	Hedonic Price Method
<> McLure (1969) in Pearce (1978)	Not reported	United States	Los Angeles,	Hedonic Price Method
<> Mieszkowski & Saper (1978)	1969-73	Other Country	Etobicoke & Mississauga in Toronto, Canada,	Hedonic Price Method
<> Mitchell McCotter (1994)	1993	Australia	Sydney,	Hedonic Price Method
<> Nelson (1978) in Nelson (1980)	1970	United States	Washington DC,	Hedonic Price Method
<> O'Byrne, Nelson & Seneca (1985)	1970-72, 79-80	United States	Atlanta,	Hedonic Price Method
<> Opschoor (1986) in Pearce & Markandya (1989)	Not reported	Netherlands	Amsterdam,	Hedonic Price Method
<> Pennington, Topham and Ward (1990)	1985-1986	United Kingdom	Manchester International Airport, Manchester	Hedonic Price Method
<> Roskill (1971) in Pearce (1978)	Not reported	United Kingdom	Heathrow and Gatwick,	Hedonic Price Method
<> Uyeno, Hamilton and Biggs (1993)	1987-1988	Canada	Vancouver International Airport,	Hedonic Price Method

			British Columbia	
--	--	--	------------------	--

## ENVALUE- Road Traffic Noise Valuation Studies

**Author**  
**Year**  
**Country**  
**Location**  
**Method**

<> Allen (1980) in Nelson (1982)

1977-79

United States

Tidewater, North Virginia,

[Hedonic Price Method](#)

<> Anderson & Wise (1977) in Nelson (1982)

1969-71

United States

North Springfield, Towson and Four areas (pooled),

[Hedonic Price Method](#)

<> Bailey (1977) in Nelson (1982)

1968-76

United States

North Springfield,

[Hedonic Price Method](#)

<> Hall, Breston & Taylor (1978) in Nelson (1982)

1975-77

Other Country

Toronto, Canada,

[Hedonic Price Method](#)

<> Holsman & Bradley (1982)

1980

Australia

Sydney,

[Hedonic Price Method](#)

<> McCalden & Jarvie (1977)

1962-74

Australia

Newcastle, NSW,

[Hedonic Price Method](#)

<> Nairn, Segal and Watson (1994)

1994

Australia

Melbourne, Victoria

[Hedonic Price Method](#)

<> Nelson (1978) in Nelson (1982)

1970

United States

Washington DC,

[Hedonic Price Method](#)

<> Palmquist (1980) in Nelson (1982)

1958-78

United States

Kingsgate, North King County and Spokane,

[Hedonic Price Method](#)

## ENVALUE – Rail Transport Noise Valuation Studies

**Author**  
**Year**  
**Country**  
**Location**  
**Method**

<> Holsman & Paparoulas (1982)  
1972-81  
Australia  
Sydney,  
Hedonic Price Method

## ENVALUE – Road Traffic Noise Valuation Studies (Noise Measured as traffic volume)

**Author**  
**Year**  
**Country**  
**Location**  
**Method**

<> Hughes and Sirmans (1992)  
1985-1989  
United States  
Baton Rouge metropolitan area, Louisiana  
Hedonic Price Method

## **APPENDIX 2**

### **Review of Studies on External Costs of Noise prepared by Rhian Hawkins, Environment Protection Economics Division DETR July 1999**

#### **Disclaimer**

This review was carried out for limited circulation within the DETR and for the information of the members of the DETR Group on Environmental Costs and Benefits. It has not been subject to peer review or circulated for comment to the authors of the studies which it reviews. The Department has agreed to make the paper available to a wider audience in the hope that it stimulates others to add to the information it contains on noise values.

At present the Department does not regularly use monetary values of noise in the appraisal of transport schemes or policies. The Department's approach to appraisal is set out in Guidance to the New Approach to Appraisal (NATA) on the Department's website at [www.roads.detr.gov.uk/roadnetwork/heta/hetapubs.htm](http://www.roads.detr.gov.uk/roadnetwork/heta/hetapubs.htm). The tabulated result of the appraisal shows the number of dwellings experiencing changes in noise above a certain threshold. At present the appraisal methods used do not require putting a monetary value on those changes.

#### **Introduction**

1. The purpose of this paper is to provide a brief summary of the studies undertaken to date which estimate the external costs associated with noise. There is a large literature on the valuation of noise, and in this paper, a total of sixty four relevant studies have been identified. These studies have derived estimates using a variety of valuation techniques. Hedonic pricing is the most popular valuation method, but studies have also used contingent valuation, abatement costs, avoidance costs and productivity loss to estimate the external costs of noise.
2. The different methodologies used in the studies often give rise to different measurements of valuation. Most hedonic studies tend to produce results based on the Noise Depreciation Sensitivity Index (NDSI) which gives the average percentage change in property prices per decibel. Other studies quote costs in terms of billions per annum or percentage of GDP, whilst others still use cost per decibel of noise. Given the complexity involved in translating results from one form to another, without complete information, these different measures of valuation can make comparisons between the studies extremely difficult. The most useful measure for the purposes of policy evaluation is damage in terms of cost per decibel - however, this measure is not available for many of

the studies. Where several different measures of the results are available, these have been provided.

3. The paper first concentrates on noise valuation studies undertaken in the UK, and then broadens the scope of the survey to include further studies undertaken in the EU, the USA and finally any studies undertaken in the rest of the world. Within each section, the main details of the studies identified are outlined in a summary table and then the key studies are discussed briefly in the accompanying text.

## UK Studies

4. Ten of the studies identified were based on UK data, or adapted from overseas data for UK use. See Table 1 for summary details of each of these studies.

#	Study	Location	Type of noise	Means of valuation	Results
1	Gautrin (1975)	London Heathrow	Aircraft noise	Hedonic house pricing	0.62 NDSI
2	Pennington <i>et al.</i> (1990)	Manchester	Aircraft noise	Hedonic house pricing	0.47 NDSI
3	RCEP	Review of existing studies	Noise and vibration	Review of existing studies	£1.2 - £5.4 billion per annum
4	Pearce <i>et al</i> (1993)	UK	Noise	Avoided cost	£0.6 billion per annum
5	CSERGE / EFTEC (1994)	Review of existing studies	Traffic noise	Hedonic house pricing	0.67 NDSI £2.6 billion per annum
6	Collins & Evans (1994)	Manchester - Terrace - Flat - Semi (small) - Semi (medium) - Semi (large) - Detached	Aircraft noise	Hedonic house pricing	0.71 NDSI 0.65 NDSI 0.74 NDSI 0.83 NDSI 1.28 NDSI 1.05 NDSI
7	ECMT Task Force	Based on Soguel's (1994) Swiss data but adapted for UK use.	Traffic noise	Adapted from hedonic rent pricing study	£1.72/dB(A) per person per month
8	Tinch report (1995)	Review of existing studies	Noise	Adapted from hedonic pricing and contingent valuation studies.	£7.75/dB(A) per person per annum £21.24/dB(A) per household per annum 0.31% GDP
9	JMP report (1996)	UK	Traffic nuisance	Hedonic house pricing Contingent valuation	0.29 NDSI £24-£30 per person per month for six different noise policies
10	Yamaguchi (1996)	London Heathrow London Gatwick	Aircraft noise	Hedonic house pricing	1.51 NDSI 2.30 NDSI

Note: NDSI stands for Noise Depreciation Sensitivity Index and represents average percentage change in property prices per decibel.

5. It can be seen that most of the UK studies use HP and measure noise damage either in terms of the NDSI or in terms of total cost to the country per year. Overall, the studies produce results ranging from **0.20-2.30% of property prices per decibel** and estimate an annual cost to the country of between £0.6bn (now discredited) and £5.3bn.
6. Studies 7 and 8 measure noise damage in terms of cost per decibel. Study 7, a report by the ECMT Task Force, is based on the results from a study by Soguel (1994 – see Study 27 for more details). It includes an estimate of ?1.72/dB(A) per person, per month

(equivalent to approximately £13.42/dB(A) per person, per year) for the UK shadow price for noise damage. The study also shows that the variation in noise valuation is less than the variation in real incomes, implying a fairly low income elasticity for noise. Assuming an average of 2.2 people per household, this is approximately equivalent to **£30/dB per household per annum**.

7. Study 8, by Tinch (1995), was commissioned by DoT and is based on a review of existing studies. The recommended values are largely based on two studies: a HP study by Soguel (1994 – see Study 27 for more details) and a CV study by Sælensminde & Hammer (1994 - see Study 28 for more details). Tinch provided recommended estimates for a number of different types of measurement. These include an overall cost to the UK of £3.06 billion per annum (equivalent to 0.5% of GDP) and damage per decibel costs of **£7.75 per person**, and **£21.24 per household, per annum**. In addition to best estimates, Tinch also suggested low and high estimate ranges of £5.50-£10.00/dB(A) per person per annum and £2.17-3.95 billion per annum.
8. The JMP report (Study 9) was also commissioned by DoT to value road traffic nuisance using both stated preference and revealed preference techniques. The stated preference work relied upon valuation of six different noise mitigation policies (eg halving of traffic volumes, HGV ban, traffic humps etc). This had the unfortunate result that respondents placed a high value (£24-£30 per person per month) on decreases in road traffic nuisance, regardless of magnitude. The revealed preference work relied on expert valuation (rather than actual behaviour) by a small sample of District Valuers about the percentage reduction in house prices due to the presence of noise. The survey found that house prices fell by 0.29% for each 1 dB(A) increase in noise. In view of the methodological difficulties with JMP's work, HETA did not recommended that these values be used in UK appraisal.
9. Given the different types of measurement used in the studies, it is difficult to provide a valuation range that represents the UK study estimates. The estimate presented in the Tinch report, however - £7.75/dB(A) per person per annum - is the figure that HETA have previously suggested might be used in policy appraisal of transport measures (DETR Appraisal Group Paper No. AG(98)7) and which REF have used for rail appraisal work. It is considered to compare well with the results of other studies from around the world. However, as noted in the disclaimer to this paper, these values are not in general use for project and policy appraisal purposes.

## European Studies

10. A wide range of European-based studies exist, covering a variety of valuation techniques.

These are summarised in Table 2, below.

#	Study	Location	Type of noise	Means of valuation	Results
11	Hammar (1974)	Stockholm, Sweden	Traffic noise	Hedonic house pricing	0.8 –1.7 NDSI
12	IRT (1983)	France	Traffic noise	Insulation costs	0.30-2.27% of GDP
13	Kanafani (1983)	Review of existing studies	Traffic noise	Review of existing studies	0.10-0.20% of GDP
14	Ringheim (1983)	Norway	Traffic noise	Hedonic house pricing Loss of sleep Existing protection Potential vehicle protection	0.20% of GDP 0.17% of GDP 0.07% of GDP 0.12% of GDP
15	Grupp (1986)	West Germany	Traffic noise	Hedonic house pricing	0.02-0.05% of GDP
16	Lambert (1986)	France	Traffic noise	Hedonic house pricing	0.04% of GDP
17	Pommerherne (1986)	Switzerland	Traffic noise - 30 dB(A) - 70 dB(A)	Hedonic house pricing	1.00 NDSI 1.40 NDSI
18	Opschoor (1987)	The Netherlands	Traffic noise	Hedonic house pricing	0.02 % of GDP
19	UIC (1987)	The Netherlands	Traffic noise	Government expenditure	0.02 % of GDP
20	Wicke (1987)	West Germany	Traffic noise	Productivity losses Hedonic house pricing	0.15 % of GDP 1.45 % of GDP
21	Bleijenberg (1988)	The Netherlands	Traffic noise	Prevention costs and remaining loss in property values	0.03-0.08 % of GDP
22	Pommerherne (1988)	Basel, Switzerland	Traffic noise	Hedonic house pricing	1.26 NDSI
23	Iten & Maggi (1990)	Zurich, Switzerland	Traffic noise	Hedonic house pricing	0.9 NDSI
24	Dogs <i>et al</i> (1991)	West Germany	Transport noise - roads  - rail	Contingent valuation Avoidance cost Contingent valuation Avoidance cost	0.52 % of GDP 0.03 % of GDP 0.22 % of GDP 0.03 % of GDP
25	ExternE (1991)	Europe	Traffic noise - car - bus - HGV		0.2 pence per vehicle mile 1.6-6.1 pence per vehicle mile 1.6-6.1 pence per vehicle mile
26	INFRAS/IWW (1994)	EUR15 plus Norway & Switzerland	Transport noise - cars - buses - rail - air - two wheelers - road freight - rail freight	Contingent valuation	0.65% of GDP 0.29 pence per passenger km 0.27 pence per passenger km 0.20 pence per passenger km 0.20 pence per passenger km 3.92 pence per passenger km 0.83 pence per passenger km 0.31 pence per passenger km
27	Soguel (1994)	Neuchatel, Switzerland	Traffic noise	Hedonic house rents	0.91 NDSI SF 5.85/dB(A) per household per month
28	Sælensminde & Hammer (1994)	Oslo & Akershus, Norway	Noise experienced on journey to work	Conjoint analysis	NOK 225-400/dB(A) per household per year
29	Tinch report (1995)	Review of existing studies - Finland - Norway - Sweden - Denmark - France - Germany - Switzerland	Noise	Time cost of disturbance Ad hoc value Hedonic house pricing x 2 Hedonic house pricing Review of other studies Mitigation costs Hedonic house pricing Avoidance cost calculation	£570 per person per annum £665 per person per annum £555 per person per annum £3890 per household per annum £88 per person per annum £33 per window SF 819 million per annum SF 556-927 million per annum
30	Vainio (1995)	Helsinki, Finland	Traffic noise	Hedonic house pricing	0.36 NDSI
31	Renew (1996)	Brisbane, Australia	Traffic noise	Hedonic house pricing	1.00 NDSI
32	Grue <i>et al</i> (1997)	Oslo, Norway - Obos - Flats - Houses	Traffic noise	Hedonic house pricing	0.24 NDSI 0.21 NDSI 0.54 NDSI

11. Overall, the above studies provide a range of values from 0.21-1.7 percentage change in property price per decibel and 0.02-2.27% of GDP. Other types of measurements also exist, from value per person per annum (Study 29) to pence per unit distance for different types of transport (Studies 25 & 26). However, very few studies quote their results in terms of cost per decibel, which is the most useful measurement for policy evaluation.
12. One of the few studies which does provide results in terms of cost per decibel is a key study by Soguel, mentioned earlier as the basis to the ECMT Task Force (Study 7) and Tinch's (Study 8) valuation estimates. Soguel's study of residential noise levels in Neuchatel in Switzerland is considered to represent the state of the art in noise valuation. The study estimates the willingness of the inhabitants of Neuchatel to pay for a halving of their exposure to road traffic noise, by examining the link between noise and property rents in this area. It was found that noise had a highly significant impact on rents, which fell on average by 0.91% per decibel of noise increase. Other Swiss results are of a similar magnitude: Iten & Maggi (Study 23) estimated 0.9% for Zurich and Pommerehne (Study 22) found 1.26% for Basle.
13. Using this initial result, Soguel then went on to calculate the WTP for a one decibel noise reduction per household per month, according to noise level and income. Although WTP did increase slightly with the level of existing noise, the change was not statistically significant and suggested that existing noise levels could be ignored when valuing changes in noise. On average, Soguel found that the monthly WTP for a one decibel noise reduction was SF 5.85. This is equivalent to about £21 per household per year.
14. Another key study which produced damage estimates in terms of cost per decibel, was that of Sælensminde & Hammer (Study 28). This study elicited average annual WTP values of NOK 225-400 for a one decibel noise improvement, using conjoint analysis. These values are roughly equivalent to £15-26/dB(A) per household per year, and hence correspond well with Soguel's results.



## US Studies

11. The twenty-one US based noise studies which have been identified by this review are summarised in Table 3, below.

#	Study	Location	Type of noise	Means of valuation	Results
33	Emerson (1969, 1972)	Minneapolis	Aircraft noise	Hedonic house pricing	0.58 NDSI
34	Paik (1972)	New York Los Angeles Dallas	Aircraft noise	Hedonic house pricing	1.9 NDSI 1.8 NDSI 2.3 NDSI
35	Gamble <i>et al</i> (1974)	Bogotoa Rosendale North Springfield All three areas	Traffic noise	Hedonic house pricing	2.22 NDSI 0.24 NDSI 0.21 NDSI 0.26 NDSI
36	Price (1974)	Boston	Aircraft noise	Hedonic house pricing	0.83 NDSI
37	Vaughan & Huckins (1975)	Chicago	Traffic noise	Hedonic house pricing	0.65 NDSI
38	De Vany (1976)	Dallas	Aircraft noise	Hedonic house pricing	0.8 NDSI
39	Dygert (1976)	San Francisco San Jose	Aircraft noise	Hedonic house pricing	0.5 NDSI 0.7 NDSI
40	Langley (1976)	North Springfield	Traffic noise	Hedonic house pricing	0.22 NDSI
41	Anderson & Wise (1977)	Towson North Springfield	Traffic noise	Hedonic house pricing	0.43 NDSI 0.14 NDSI
42	Bailey (1977)	North Springfield	Traffic noise	Hedonic house pricing	0.30 NDSI
43	Maser <i>et al</i> (1977)	Rochester, N.Y. – city – suburban	Aircraft noise	Hedonic house pricing	0.88 NDSI 0.61 NDSI
44	Nelson (1978)	Washington	Traffic noise	Hedonic house pricing	0.87 NDSI
45	Nelson (1978)	Washington	Aircraft noise	Hedonic house pricing	1.06 NDSI
46	Nelson (1979)	San Francisco St. Louis Cleveland New Orleans San Diego Buffalo	Aircraft noise	Hedonic house pricing	0.58 NDSI 0.51 NDSI 0.29 NDSI 0.4 NDSI 0.75 NDSI 0.52 NDSI
47	Allen (1980)	North Virginia Tidewater	Traffic noise	Hedonic house pricing	0.15 NDSI 0.14 NDSI
48	Nelson (1980)	Review of existing studies	Aircraft noise	Hedonic house pricing	0.62 NDSI
49	Palmquist (1980, 1981)	Kingsgate North King County Spokane	Traffic noise	Hedonic house pricing	0.48 NDSI 0.30 NDSI 0.08 NDSI
50	Nelson (1982)	Review of existing studies	Traffic noise	Hedonic house pricing	0.40 NDSI
51	Kanafani (1983)	Review of existing studies	Traffic noise	Review of existing studies	0.06-0.12 % of GDP
52	O'Byrne <i>et al</i> (1985)	Atlanta (1980) Atlanta (1970)	Aircraft noise	Hedonic house pricing	0.69 NDSI 0.64 NDSI
53	Levesque (1994)	Winnipeg	Aircraft noise	Hedonic house pricing	1.3 NDSI

12. It can be seen that almost all of the US based studies which have been identified use hedonic house pricing to produce an NDSI measurement for traffic or aircraft noise. These studies provide a range from 0.08 to 2.3 per cent change in property price per decibel. Nelson (1980&1982) (Studies 48&50) undertook comprehensive reviews of existing valuation studies for both traffic and aircraft noise – these reviews included some studies from overseas, but were mainly US based. As a result of this review, Nelson recommends the use of an NDSI of 0.40 for traffic noise and 0.62 for aircraft noise.

13. The only alternative measurement given for noise damage in the US, is Study 51, by Kanafani (1983). Kanafani undertook reviews of existing studies in both Europe and the US and found that damage caused by noise is worth 0.06-0.12% of GDP in the US,

compared to 0.1-0.2% in Europe (see Study 13). This differential between US and Europe appears to correspond with other studies.

## Other Studies

14. Studies on noise valuation have also been undertaken in several other countries, such as Canada, Australia and Japan, or have been based on reviews of a wide range of studies from around the world. These are summarised in Table 4, below.

Table 4: Other studies estimating external costs of noise					
#	Study	Location	Type of noise	Means of valuation	Results
54	Hall <i>et al</i> (1978)	Toronto, Canada	Traffic noise	Hedonic house pricing	1.05 NDSI
55	Mieskowski & Saper (1978)	Toronto, Canada	Aircraft noise	Hedonic house pricing	0.52 NDSI
56	Abelson (1979)	Marrickville, Australia Rockdale, Australia	Aircraft noise	Hedonic house pricing	0.40 NDSI 0.50 NDSI
57	McMillan <i>et al</i> (1980)	Edmonton, Canada	Aircraft noise	Hedonic house pricing	0.51 NDSI
58	Hall <i>et al</i> (1982)	Toronto, Canada – Arterial – Expressway	Traffic noise	Hedonic house pricing	0.42 NDSI 0.52 NDSI
59	Quinet (1989)	Review of existing studies	Traffic noise	Productivity loss and annoyance	0.1% of GDP
60	Hidano <i>et al</i> (1992)	Tokyo, Japan	Traffic noise	Hedonic house pricing	0.70 NDSI
61	Quinet (1993)	Review of existing studies	Noise pollution	Review of existing studies	0.20-2.00 % of GDP
62	Uyeno <i>et al</i> (1993)	Vancouver, Canada - detached houses - condominiums - vacant land	Aircraft noise	Hedonic house pricing	0.65 NDSI 0.90 NDSI 1.66 NDSI
63	INRETS (1994)	Variety of countries	Noise exposure - 1970s - 1980s	Hedonic house pricing	0.3-0.8 NSDI 1.00 NSDI
64	Pearson <i>et al</i> (1994)	?	Traffic noise - cars - bus - motorbike - HGV		0.41 pence per passenger km 0.09 pence per passenger km 1.18 pence per passenger km 1.96 pence per passenger km

15. Again, hedonic pricing studies are the dominant method of valuation, producing a 0.3-1.66 range of percentage change in property prices per decibel. Two reviews of existing studies by Quinet (Study 59 and 61) estimate noise damage to be between 0.1 and 2.0 % of GDP.

16. The study by Pearson *et al* (Study 64) attempts to give an alternative measure of damage by allocating noise costs from road transport to particular modes. It estimates that HGVs produce the most noise damage, at 1.96 pence per passenger per kilometre, with motorbikes, cars and buses causing damages of 1.18, 0.41 and 0.09 pence per passenger per kilometre respectively. When adjusted to consistent forms of measurement, this ranking compares reasonably well with Studies 25 and 26 which also give values in cost per unit distance travelled for different transport modes.

## Conclusion

In conclusion, it can be seen that the literature on noise valuation is extensive and provides a wide range of damage estimates in different forms of measurement. Overall, the range of results produced are as follows:

- £15 - £30 per decibel per household per year (covering a total of 4 studies)
- 0.08-2.30% change in property price per decibel (covering a total of 43 studies)
- 0.02-2.27% GDP (covering a total of 15 studies)

Although it is difficult to compare between these different types of measurement without complete information about the population sampled, their properties and the noise levels to which they were exposed; the individual ranges they cover can provide helpful benchmarks for the magnitude of the external costs of noise.

It is apparent that the studies sometimes make quite different estimates of the costs associated with noise. This can be due to a number of reasons - not only from methodological and sampling differences, but also because studies often use different assumptions about baseline noise levels (eg using from between 30-65dB(A) as a zero-nuisance baseline) or use different time periods to identify average noise levels.

For transport policy appraisal in the UK, HETA currently allows the use of £21.24 per household, for a one decibel noise improvement, based on Tinch's adaptation of the Soguel valuation (Studies 8 and 27). However, given the uncertainties associated with this transferring this value from its initial Swiss context, it is recommended that the estimate should be reported separately from other monetary values and that further UK-specific work should be carried out in future to improve upon this tentative value.

Finally, it should be noted that almost all the studies identified are limited to valuations of road and air traffic noise exposure in the home only. While very little data on alternative sources and exposures to noise currently exists, the measurement of noise costs in different contexts is crucial, and exposure to different types of noises at work, at home, at leisure and while travelling all need to be considered if the effects of noise pollution are not to be understated.

## **Abbreviations (used within UK DETR)**

DoT UK Department of Transport, now part of DETR.

HETA, Highways Economics and Traffic Appraisal, part of DETR.

REF, Railways Economics and Finance, part of DETR.

## **References**

Abelson PW (1978). "The Costs of Aircraft Noise Around Sydney (Kingsford Smith) Airport and Some Policy Implications", Environmental Economics, National Environmental Economics Conference, Canberra.

Allen GR (1980). Relationship between highway noise, noise mitigation and resident property values FHWA/VA-81/1. Charlottesville, Va.: Virginia highways and transportation research council.

Anderson RJ & Wise DE (1977). The effects of highway noise and accessibility on residential property values DOT-FH-11-8841. Springfield, Va.: National technical information service.

Bailey MJ (1977). Report on pilot study: highway noise and property values unpublished paper, University of Maryland.

Bateman IJ et al (1999). Environmental impact assessment, cost benefit analysis and the valuation of environmental impacts, in Petts, J (ed) Handbook of environmental impact assessment, volume 1 – environmental impact assessment: process, methods and potential, Blackwell Science, Oxford, pp 93-120

Bleijenberg (1988).

Collins A & Evans A (1994). "Aircraft noise and residential property values: an artificial neural-network approach." Journal of Transport Economics and Policy, May, pp 144-52.

CSERGE/EFTEC (1994).

De Vany AS (1976). "An economic model of airport noise and pollution in an urban environment." Theory and measurement of economic externalities, SA Y Lin (ed) pp 205-214, Academic Press, New York.

Dogs et al (1991).

Dygert PK (1976). Estimation of the cost of aircraft noise to residential activities, unpublished PhD dissertation, University of Michigan

ECMT Task Force.

Emerson (1972). The determinants of residential value with specified reference to the effects of aircraft nuisance and other environmental features. PhD Thesis, University

- of Minnesota, in Nelson, J.P. (1980). 'Airport and Property Values: A Survey of Recent Evidence'. *Journal of transport economics and policy*, 14: 37-52.
- Emerson FC (1972). "Valuation of residential amenities: an econometric approach", *Appraisal Journal*, 40, pp 268-278.
- ExternE project (1991).
- Gamble HB et al (1974). Adverse and beneficial effects of highways on property values," *Transport research records*, 508, pp 37-48.
- Gautrin J-F (1975). An evaluation of the impact of aircraft noise on property values with a simple model of urban land rent, *Land Economics*, 51, pp 80-86.
- Grue B et al (1997). Housing prices – impacts of exposure to road traffic and location TØI report 351/1997, Oslo.
- Grupp (1986).
- Hall FL, Breston BE & Taylor SM (1978). "Effects of Highway Noise on Residential Property Values" in *Transportation Research Record*, 686, National Academy of Sciences, Washington DC, in Nelson, J.P. (1982). "Highway Noise and Property Values, A Survey of Recent Evidence." *Journal of Transport Economics and Policy*, 117-138.
- Hall FL et al (1982). (1978) The effects of highway noise on residential property values. *Transport Research Record* 686. National Academy of Sciences, Washington DC.
- Hammar (1974).
- Hidano et al (1992).
- INFRAS/IWW (1994). External effects of transport final report to the UIC, Paris, October.
- INRETS (1994).
- IRT (1983).
- Iten R & Maggi R (1990). (1988 conference paper). "The economic value of traffic noise abatement in an urban area: empirical evidence from a hedonic and discrete choice approach." Paper presented to the Fifth World Conference on Transportation Research, Yokohama.
- JMP Consultants (1996). Monetary valuation of road traffic nuisance, report to the DoT, Job No. 8329.
- Kanafani (1983).
- Lambert (1986).
- Langley CJ (1976). Adverse impacts of the Washington beltway on residential property values, *Land Economics*, 52, pp 54-65.
- Levesque TJ (1994). Modelling the effects of airport noise on residential housing markets: a case study of Winnipeg International Airport, *Journal of transport economics and policy*, pp 199-210.

- Maser SM et al (1977). The effects of zoning and externalities on the price of land: an empirical analysis of Monroe County, New York, *Journal of Law and Economics*, 20, pp 111-132.
- McMillan ML, Reid BG & Gillen DW (1980). "An Extension of the Hedonic Approach for Estimating the Value of Quiet." *Land Economics*, 56(3): 315-328.
- Mieszkowski P & Saper AM (1978). "An Estimate of the Effect of Airport Noise on Property Values." *Journal of Urban Economics*, 5: 425-440.
- Nelson JP (1978). *Economic analysis of transportation noise abatement*, Ballinger, Cambridge, Mass.
- Nelson JP (1978). "Residential choice, hedonic prices and the demand for urban air quality" *Journal of Urban Economy*, 5, pp 357-69.
- Nelson JP (1979). "Airport noise, location, rent and the market for residential amenities" *Journal of environmental economics and management*, 6, pp 320-331.
- Nelson JP (1980). "Airports and property values: a survey of recent evidence", *Journal of transport economics and policy*, 6, pp 14(1), pp 37-52.
- Nelson JP (1982). "Highway noise and property values: a survey of recent evidence" *Journal of transport economics and policy*, 16(2), pp117-138.
- O'Byrne PH et al (1985). "Housing values, census estimates, disequilibrium and the environmental costs of airport noise: a case study of Atlanta" *Journal of environmental economics and management*, 12 pp 169-178.
- Opschoor, J.B. (1986). "A review of monetary estimates of benefits of environmental improvements in the Netherlands." Report prepared for OECD-CEE workshop on benefits of environmental policy and decision-making, Avignon, in Pearce, D.W. & Markandya, A. (1989). "Environmental policy benefits: monetary valuation." OECD, Paris.
- Paik IK (1972). *Measurement of environmental externality in particular reference to noise*, unpublished PhD dissertation, Georgetown University.
- Palmquist RB (1980). *Impact of highway improvements on property values in Washington, WA-RD-37.1* Springfield, Va.: National technical information service.
- Palmquist RB (1981).
- Pearce et al (1993).
- Pearson et al (1994).
- Pennington G et al (1990). "Aircraft noise and residential property values adjacent to Manchester International Airport" *Journal of Transport Economics and Policy*, 24(1), pp 49-59.
- Pommerherne WW (1986).

- Pommerherne WW (1988). "Measuring environmental benefits: comparison of a hedonic technique and CV", in Welfare and efficiency in public economics, D Bros, M Rose and C Seidl (ed), Berlin.
- Price I (1974). The social cost of airport noise as measured by rental charges: the case of Logan Airport unpublished PhD dissertation, Boston University.
- Quinet (1989).
- Quinet (1993). The social cost of transport: Evaluation and links with internalisation policies ECMT/OECD pp. 32-76. Paris
- RCEP.
- Renew WD (1996). The relationship between traffic noise and house price, Conference of the Australian Acoustical Society, Brisbane, 13-15th November, 1996.
- Ringheim (1983).
- Sælensminde K & Hammer F (1994). Assessing environmental benefits by means of conjoint analysis, Institute of Transport Economics, Oslo.
- Soguel N (1994). Evaluation monetaire des atteintes a l'environnement: une étude hedoniste et contingente sûr l'impact des transport, Imprimerie de L'Evolve SA Neuchatel.
- Tinch R (1995). Valuation of environmental externalities, report to the DoT, London.
- UIC (1987).
- Uyeno et al (1993).
- Vainio M (1995). Traffic noise and air pollution: valuation of externalities with the hedonic price and contingent valuation methods, PhD thesis, School of Economics and Business Administration, Helsinki.
- Vaughan RJ and Huckins L (1975). "The economics of expressway noise pollution abatement." Rand Corporation, Santa Monica, California.
- Wicke L (1986). Die ökologischen milliarden. Das kostet die zerstörte umwelt - so können wir sie retten. Käsel-Verlag, Munchen.
- Yamaguchi (1996). Sustainable investment and resource use, UNESCO/Partenon, Carnforth.

## **APPENDIX 3**

Review of Road traffic and air traffic noise valuation studies

**Source: Bateman et al (2000, tables 5.2 and 5.3)**



**Table A3-1: Hedonic pricing studies of loss in property value from *Road Traffic* noise (% depreciation in house prices per 1 dB(A) increase in noise level)**

Source Study	Study Year	Study Area	Noise Measure	NSDI
Allen, 1980 <sup>†</sup>	1977-79	North Virginia, Va., USA	L <sub>10</sub>	0.15
	1977-79	Tidewater, Va., USA	L <sub>10</sub>	0.14
Anderson and Wise, 1977 <sup>†</sup>	1969-71	Towson, Md., USA.	NPL	0.43
	1969-71	North Springfield, Va., USA	NPL	0.14
Bailey, 1977 <sup>†</sup>	1968-76	North Springfield, Va., USA	Log of Distance	0.3
Gamble et al., 1974 <sup>†</sup>	1969-71	Bogotoa, N.J., USA	NPL	2.22
	1969-71	Rosendale, Md., USA	NPL	0.24
	1969-71	North Springfield, Va., USA	NPL	0.21
	1969-71	All three areas	NPL	0.26
Grue et al., 1997		Oslo, Norway – <i>Obos</i>	L <sub>eq</sub>	0.24
		Oslo, Norway – <i>Flats</i>	L <sub>eq</sub>	0.21
		Oslo, Norway – <i>Houses</i>	L <sub>eq</sub>	0.54
Hidano et al., 1992*		Tokyo, Japan	L <sub>eq</sub>	0.7
Hall et al., 1978 <sup>†</sup>	1975-77	Toronto, Canada	L <sub>eq</sub>	1.05
Hall et al., 1982		Toronto, Canada – <i>Arterial</i>	L <sub>eq</sub>	0.42
		Toronto, Canada – <i>Expressway</i>	L <sub>eq</sub>	0.52
Hammar, 1974		Stockholm, Sweden	L <sub>eq</sub>	0.8 – 1.7
Iten and Maggi, 1990		Zurich, Switzerland	-	0.9
Langley, 1976 <sup>†</sup>	1962-72	North Springfield, Va., USA	NPL	0.22
Nelson, 1978 <sup>†</sup>	1970	Washington, D.C., USA	L <sub>dn</sub>	0.87
Palmquist, 1980, 1981 <sup>†</sup>	1962-76	Kingsgate, Wa., USA	L <sub>10</sub>	0.48
	1958-76	North King County, Wa., USA	L <sub>10</sub>	0.3
	1950-78	Spokane, Wa., USA	L <sub>10</sub>	0.08
Pommerherne, 1988	1986	Basel, Switzerland	L <sub>eq</sub>	1.26
Renew, 1996a		Brisbane, Australia	L <sub>eq</sub>	1.0
Soguel, 1991	1990	Neuchatel, Switzerland	L <sub>eq</sub>	0.91
Vainio, 1995		Helsinki, Finland	L <sub>eq</sub>	0.36
Vaughan & Huckins, 1975 <sup>†</sup>	1971-72	Chicago, USA	L <sub>eq</sub>	0.65

<sup>†</sup> Reviewed in Nelson (1982)

\* From Bertrand (1997) who notes that figure is presented with caution

**Table A3-2: Hedonic pricing studies of loss in property value from *Aircraft Noise* (NSDI = % depreciation in house prices per 1 dB(A) increase in noise level)**

Source Study	Study Year	Study Area	NSDI
Abelson, 1979 <sup>†</sup>	1972-73	Marrickville, Sydney, Australia	0.4
	1972-73	Rockdale, Sydney, Australia	0.5
Collins and Evans, 1994	1985	Manchester, UK	-
De Vany, 1976 <sup>†</sup>	1970	Dallas, USA	0.8
Dygert, 1976 <sup>†</sup>	1970	San Mateo, San Francisco, USA	0.5
	1970	Santa Clara, San Jose, USA	0.7
Emerson 1969, 1972 <sup>†</sup>	1967	Minneapolis	0.58
Gautrin, 1975 <sup>†</sup>	1968-69	London Heathrow, UK	0.62
Levesque, 1994		Winnipeg, USA	1.3
McMillan et al., 1980 <sup>†</sup>	1975	Edmonton, Canada	0.51
Maser et al., 1977 <sup>†</sup>	1971	Rochester, N.Y., USA – <i>City</i>	0.88
	1971	Rochester, N.Y., USA – <i>Suburban</i>	0.61
Mieskowski & Saper, 1978 <sup>†</sup>	1969-73	Etobicoke, Toronto, Canada	0.52
Nelson, 1978 <sup>†</sup>	1970	Washington, USA	1.06
Nelson, 1979	1970	San Francisco, USA	0.58
	1970	St. Louis, USA	0.51
	1970	Cleveland, USA	0.29
	1970	New Orleans, USA	0.4
	1970	San Diego, USA	0.75
	1970	Buffalo, USA	0.52
O’Byrne et al., 1985	1980	Atlanta, USA	0.69
	1970	Atlanta, USA	0.64
Paik, 1972 <sup>†</sup>	1960	New York, USA	1.9
	1960	Los Angeles, USA	1.8
	1960	Dallas, USA	2.3
Pennington et al., 1990	1985	Manchester, UK	0.47
Price, 1974 <sup>†</sup>	1960-70	Boston, USA	0.83
Uyeno et al., 1993	1987	Vancouver, Canada	0.65
Yamaguchi, 1996	1996	London Heathrow, UK	1.51
	1996	London Gatwick, UK	2.30

<sup>†</sup> Reviewed in Nelson (1980)

## REFERENCES

- Abelson, P. W. (1979). "Property prices and the value of amenities", *Journal of Environmental Economics and Management*, 6, pp 11-28.
- Adamowicz, W. L., P. C. Boxall, J. J. Louviere, J. Swait, and M. Williams (1999). "Stated preference methods for valuing environmental amenities", in I. J. Bateman and K. G. Willis (eds.), *Contingent Valuation of Environmental Preferences: Theory and Practice in the US, Europe and Developing Countries*, Oxford University Press, Oxford, 460-480.
- Adamowicz, W. L., Louviere, J. and Williams, M. (1994) Combining stated and revealed preference methods for valuing environmental amenities, *Journal of Environmental Economics and Management*, 26: 271-292.
- Allen, G. R. (1980). *Relationship between highway noise, noise mitigation and resident property values*, FHWA/VA-81/1. Charlottesville, Va.: Virginia Highways and Transportation Research Council.
- Appel, D. (1980). *Estimating the benefits of air quality improvement: An hedonic price index approach applied to the New York Metropolitan Area*, PhD dissertation, Rutgers University, UMI Order No. 8022540.
- Anselin, L. (1993). "Discrete space autoregressive models" pp 454-68 in M. F. Goodchild, B. O. Parks and L. T. Steyaert (eds), *Environmental Modelling with GIS*, Oxford University Press, Oxford.
- Anderson, L. M. and H. K. Cordell (1988). "Influence of trees on residential property values in Athens, Georgia (U.S.A.): A survey based on actual sales prices." *Landscape and Urban Planning*, 15(1-2), pp 153-164.
- Anderson, R. J. and D. E. Wise (1977). *The effects of highway noise and accessibility on residential property values*, DOT-FH-11-8841. Springfield, Va.: National Technical Information Service.
- Atkinson, R. J., Jr., and T. D. Crocker (1971). "Air pollution and residential property value", *Urban Studies*, 8, pp 171-80.
- Bailey, M. J. (1977). *Report on pilot study: Highway noise and property values*, unpublished paper, University of Maryland.
- Ball, M. J. and R. M. Kirwan (1977). "Accessibility and supply constraints in the urban housing market", *Urban Studies*, 14, pp 11-32.
- Barde, J-P. and Pearce, D.W. (eds.) (1991). *Valuing the Environment*, Earthscan, London.
- Bateman, I. J. (1992). "The economic evaluation of environmental goods and services", *Integrated Environmental Management*, 14, pp 11-14.
- Bateman, I. J. (1995). "Environmental and economic appraisal", in T. O'Riordan (ed), *Environmental Science for Environmental Management*, Longmans, pp 45-65.
- Bateman, I.J. (1999) Environmental impact assessment, cost-benefit analysis and the valuation of environmental impacts, in Petts, J. (ed.) *Handbook of Environmental Impact Assessment, Volume 1 - Environmental Impact Assessment: Process, Methods and Potential*, Blackwell Science, Oxford, pp93-120.
- Bateman, I. J. and F. Bryan (1994). "Recent advances in the monetary evaluation of environmental preferences", in proceedings of the conference, *Environmental*

- Economics, Sustainable Management and the Countryside*, Countryside Recreation Network, Cardiff.
- Bateman, I.J., Garrod, G.D., Brainard, J.S. and Lovett, A.A. (1996) Measurement, valuation and estimation issues in the travel cost method: A geographical information systems approach, *Journal of Agricultural Economics*, 47(2): 191-205.
- Bein, P., T. Litman and C. Johnson (1994). *Unit costs of environmental impacts*, draft report for the Ministry of Transportation and Highways, British Columbia.
- Bell, K. and N. E. Bockstael, N.E. (1997). *Applying the generalised method of moments approach to spatial problems involving micro-level data*, Working Paper 97-03, Department of Agricultural and Resource Economics, University of Maryland, College Park.
- Bender, B. T., J. Gronberg and H.-S. Hwang (1980). "Choice of functional form and the demand for air quality", *Review of Economics and Statistics*, 62, pp 638-43
- Berry, B. J. L. (1976). "Ghetto expansion and single-family housing prices: Chicago, 1968-1972", *Journal of Urban Economics*, 3, pp 397-423.
- Bertrand, N. F. (1997). *Meta-analysis of studies of willingness to pay to reduce traffic noise*, unpublished MSc dissertation, University College London.
- Blamire, P.A., & Barnsley, M.J. (1996). Inferring urban land use from an analysis of the spatial and morphological characteristics of discrete scene objects. In *Proceedings of the 22<sup>nd</sup> Annual conference and exhibition of the Remote Sensing Society*.
- Bown, W. (1994). "Dying from too much dust", *New Scientist*, 12 March, pp 12-13.
- Box, G. E. P. and Cox, D. R. (1964) "An analysis of transformation", *Journal of the Royal Statistical Society*, 26, pp 211-243.
- Brookshire, D. S., R. C. d'Arge, W. D. Schulze and M. A. Thayer (1979). *Experiments in valuing non-market goods: A case study of alternative benefit measures of air pollution control in the south coast sir basin of Southern California*, vol. 2 of *Methods of Development for Assessing Air Pollution Costs and Benefits*, Washington: Environmental Protection Agency.
- Brookshire, D. S., M. A. Thayer, W. D. Schulze and R. C. d'Arge, (1982). "Valuing public goods: A comparison of survey and hedonic approaches", *A.E.R.*, 72 pp 165-77.
- Brucato, P. F., Jr., J. C. Murdoch and M. A. Thayer (1990). "Urban air quality improvements: A comparison of aggregate health and welfare benefits to hedonic price differential", *J. Environmental Management*, 30, pp 265-79.
- Buckley, G. P. (ed.) (1989). *Biological habitat reconstruction*, Belhaven Press, London.
- Butler, R. V. (1980). "Cross-sectional variation in the hedonic relationship for urban housing markets", *Journal of Regional Science*, 20, pp 439-453.
- Calthrop, E. J. (1995). *The external costs of road transport fuel: Should the fiscal stance towards diesel be altered?*, unpublished MSc dissertation, University College London.
- Cicchetti, C. J. and Freeman, A. M. (1971). "Optimal demand and consumer's surplus: further comment", *Quarterly Journal of Economics*, 85:528-539.
- Collins, A. and A. Evans (1994). "Aircraft noise and residential property values: An artificial neural network approach", *Journal of Transport Economics and Policy*, May, pp 175-97.

- Countryside Commission (1990). *A Countryside for the 21st Century*, Countryside Commission, Cheltenham.
- Crawley, R. W. (1973). "A case study of the effects of an airport on land values", *Journal of Transport Economics and Policy*, May, pp 144-52.
- Cropper, M. L., L. B. Deck and K. E. McConnell (1988). "On the choice of functional form for hedonic price functions", *Review of Economics and Statistics*, 70, pp 668-75.
- De Vany, A. S. (1976). "An economic model of airport noise pollution in an urban environment", in *Theory and Measurement of Economic Externalities*, S. A. Y. Lin (ed.) pp 205-214, Academic Press, New York.
- Department of the Environment (1972). *Urban Motorways*, The Urban Motorways Project Team, HMSO, London.
- Department of the Environment (1987). *Handling Geographic Information*, Report of the Committee of Enquiry chaired by Lord Chorley, HMSO, London.
- Department of Transport (Welsh Office) (1988). *Calculation of Road Traffic Noise*. London: HMSO.
- Department of Transport (1991). *Transport statistics Great Britain 1991*. London: HMSO.
- Department of Transport (1993). *Vehicle speeds in Great Britain 1992*. London: Transport Statistics Report, Department of Transport.
- Dunteman, G.H. (1994) "Principal components analysis", pp.157-245 in M.S. Lewis-Beck (ed.) *Factor Analysis & Related Techniques*, International Handbooks of Quantitative Applications in the Social Sciences, 5, Sage Publications, London.
- Dygert P. K. (1973). *Estimation of the cost aircraft noise to residential activities*, unpublished PhD dissertation, University of Michigan.
- Edmonds, R. G., Jr. (1985). "Some evidence on the inter-temporal stability of hedonic price functions", *Land Economics*, 61, pp 445-51.
- Egan, F. J. (1973). *Air pollution and property values in the Hartford Metropolitan Region*, PhD dissertation, Fordham University, UMI Order No. 74-2777.
- Emerson F. C. (1972). "Valuation of residential amenities: An econometric approach", *Appraisal Journal*, 40, pp 268-278.
- Foster, V. and S. Mourato (1997a). "Behavioural consistency, statistical specification and validity in the contingent ranking method: Evidence from a survey of the impacts of pesticide use in the UK", *CSERGE Global Environmental Change Working Paper GEC 97-09*, Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, University College London and University of East Anglia.
- Foster, V. and S. Mourato (1997b). "Are consumers rational? Evidence from a contingent ranking experiment", paper presented at the *Eighth Annual Conference of the European Association of Environmental and Resource Economists (EAERE)*, Center for Economic Research, Tilburg University, the Netherlands, 26-28 June 1997.
- Freeman A. M. (1993). *The measurement of environmental and resource values: Theory and methods*, Resources for the Future, Washington, D.C.
- Gautrin, J.-F. (1975). "An evaluation of the impact of aircraft noise on property values with a simple model of urban land rent", *Land Economics*, 51, pp 80-86.
- Gamble, H. B., O. H. Sauerlender and C. J. Langley (1974). "Adverse and beneficial effects of highways on property values", *Transport Research Record*, 508, pp 37-48.

- Garrod, G., & Willis, K.G. (1992a). "Valuing goods' characteristics: an application of the hedonic price method to environmental attributes," *Journal of Environmental management*, 34(1), 59-76.
- Gent, van H. A. and P. Rietveld (1993). "Road transport and the environment in Europe", *The Science of the Total Environment*, 129, pp 205-18.
- Grue, B., J. L. Langeland and O. I. Larsen (1997). *Housing Prices – impacts of exposure to road traffic and location*, TØI report 351/1997, Oslo.
- Harrison D. and D. L. Rubinfeld (1978). "Hedonic housing prices and the demand for clean air", *Journal of Environmental Economics and Management*, 5, pp 81-102.
- Hidano, N., Y. Hayashiyama and M. Inoue, (1992). "Measuring the external effects of noise and vibration of urban transportation by the hedonic approach", *Environmental Science*, 9(3), pp 401-409, Tokyo.
- Hall, F. L., B. E. Breston and S. M. Taylor, (1978). "Effects of highway noise on residential property values", *Transportation Research Record*, 686, pp 38-43.
- Hall, F. L., B. E. Breston and S. M. Taylor, (1982). "The effect of road traffic noise on house prices", *Journal of Sound and Vibration*, 80(4), pp 523-541.
- Hanemann, W. M. (1991). "Willingness to pay and willingness to accept: How much can they differ?", *American Economic Review*, 81(3), pp 635-47.
- Holland, M. R. and N. Eyre (1992). "Evaluation of the external costs of a UK coal fired power station on agricultural crops", *Proceedings of the 2nd International Conference on the External Costs of Electrical Power*, September 1992, Racine, Wisconsin.
- Howes, D., & Gatrell, A. (1993). Visibility analysis in GIS: Issues in the environmental impact assessment of windfarm developments. *Proceeding of the Fourth European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems*. Genoa, Italy.
- Institution of Highways and Transportation with the Department of Transport (1987). *Roads and Traffic in Urban Areas*. London: H.M.S.O.
- Irwin, E. G. and N. E. Bockstael (1998). Interacting agents, spatial externalities and the endogenous evolution of land use pattern, *Working Paper 98-24*, Department of Agricultural and Resource Economics, University of Maryland, College Park.
- Jackson, J. R. (1979). Intraurban variation in the price of housing, *J. Urban Econ.*, 6, pp 464-79.
- JMP Consultants (1996). *Monetary valuation of road traffic nuisance*, report to the Department of Transport, Job No. 8329.
- Kaiser, H.F. (1960) The application of electronic computers to factor analysis, *Educational and Psychological Measurement*, **20**, 141-151.
- Krumm, R. J. (1980). Neighbourhood amenities: An economic analysis, *J. Urban Econ.*, 7, pp 208-24.
- Krutilla, J. V. and Fisher, A. C. (1975). *The Economics of Natural Environments: Studies in the Valuation of Commodity and Amenity Resources*, Johns Hopkins University Press (for Resources for the Future), Baltimore, MD.
- Lake, I., A. A. Lovett, I. J. Bateman and I. H. Langford (1998). Modelling environmental influences on property prices in an urban environment, *Computers, Environment and Urban Systems*, 22, pp121-136.
- Langley, C. J. (1976). Adverse impacts of the Washington beltway on residential property values, *Land Economics*, 52, pp 54-65.

- Levesque, T. J. (1994). "Modelling the effects of airport noise on residential housing markets: A case study of Winnipeg International Airport", *Journal of Transport Economics and Policy*, pp 199-210.
- Li, M. M. and H. J. Brown (1980). "Micro-neighbourhood externalities and hedonic housing prices", *Land Economics*, 56, pp 125-41.
- Litman, T. (1995). *Transportation cost analysis, estimates and implications*, Victoria Transport Policy, B.C.
- London Research Centre (1993). *London energy study; Energy use and the environment*, London Research Centre, London.
- Maddison, D., D. Pearce, O. Johansson, E. Calthrop, T. Litman and E. Verhoef (1996). *Blueprint 5. The True Cost of Road Transport*, Earthscan, London.
- Maguire, D.J., Goodchild, M.F., & Rhind, D.W. (Eds.) (1991). *Geographical information systems; vol.1: principles*. Harlow: Longman Scientific & Technical.
- Martin, D., Longley, P., & Higgs, D. (1994). "The use of GIS in the analysis of diverse urban datasets." *Computers, Environment and Urban Systems*, 18(1), 55-56.
- Maser, S. M., W. H. Riker and R. N. Rosett (1977). "The effects of zoning and externalities on the price of land: An empirical analysis of Monroe County, New York", *Journal of Law and Economics*, 20, pp 111-132.
- McLeod, P.B. (1984). "The demand for local amenity: An hedonic price analysis", *Environment and Planning A*, 16(3), pp 389-400.
- McDonald, R. and D. Harrison (1974). "Willingness to pay in Boston and Los Angeles for a reduction in automobile-related improvements, air quality and automobile emission control: A report by the coordinating committee on air quality studies", in *Report of the National Academy of Science*, vol. 4, Washington: National Academy of Science.
- McMillan, M. L., B. G. Reid and D. W. Gillen (1978). *An approach towards improved estimates of willingness to pay for public goods from hedonic price functions: A case study of aircraft noise*, unpublished paper, University of Alberta.
- Medley, G. (1992). "Nature, the environment and the future", paper presented at *The University of the Third Age, 1992 International Symposium: The Challenges of the Future*, 13th-18th September 1992, Kings College, Cambridge.
- Mieskowski, P. and A. M. Saper (1978). "An estimate of the effects of airport noise on property values" *J. Urban Econ.*, 5, pp 425-440.
- National Roads Directorate (1998). *The Effect of Road Traffic on Residential Property Values*, Annex I of Project Brief, The Scottish Office Development Department, Edinburgh.
- Nelson, J. P. (1978a). *Economic analysis of transportation noise abatement*, Ballinger, Cambridge, Mass.
- Nelson, J. P. (1978b). "Residential choice, hedonic prices and the demand for urban air quality", *J. Urban Econ*, 5, pp 357-69
- Nelson, J. P. (1979). "Airport Noise, location rent and the market for residential amenities", *Journal of Environmental Economics and Management*, 6, pp 320-331.
- Nelson, J. P. (1980). "Airports and property values: A survey of recent evidence", *Journal of Transport Economics and Policy*, 14(1), pp 37-52.
- Nelson, J. P. (1982). "Highway noise and property values: A survey of recent evidence", *Journal of Transport Economics and Policy*, 16(2), 117-38.

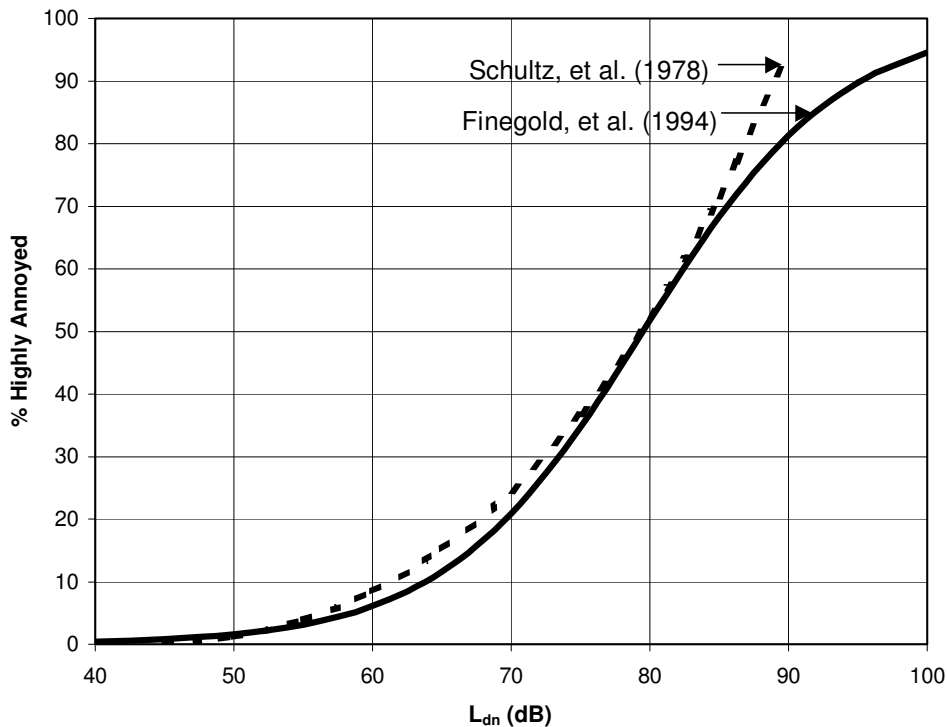
- Norusis, M.J. (1985) *SPSS-X Advanced Statistics Guide*, McGraw-Hill, New York.
- O'Byrne, P. H., J. P. Nelson and J. J. Seneca (1985). "Housing values, census estimates, disequilibrium and the environmental costs of airport noise: A case study of Atlanta", *Journal of Environmental Economics and Management*, 12, pp 169-178.
- Openshaw, S. (Ed.) (1995). *Census users' handbook*. Cambridge: Pearson Professional Limited.
- Ordnance Survey (1996), Digital Map Data and Customised Services. *Catalogue* produced by the Ordnance Survey. Southampton.
- Ostro B. (1994). *Estimating health effects of air pollution: A methodology with an application to Jakarta*, World Bank, Washington, D.C.
- Paik, I. K. (1972). *Measurement of environmental externality in particular reference to noise*, unpublished PhD dissertation, Georgetown University.
- Palmquist, R. B. (1980). *Impact of highway improvements on property values in Washington*, WA-RD-37.1. Springfield, Va.: National Technical Information Service.
- Palmquist, R. B. (1982a). "Measuring environmental effects on property prices values with hedonic regressions", *Journal of Urban Economics*, 11, pp 333-47.
- Palmquist, R. B. (1982b). "Estimating the demand for air quality from property value studies", manuscript, Raleigh: North Carolina State University.
- Palmquist, R. B. (1983). *Estimating the demand for air quality from property value studies: Further results*, unpublished manuscript, Raleigh: North Carolina State University.
- Palmquist, R. B. (1984). "Estimating the demand for the characteristics of housing", *Review of Economics and Statistics*, 66, pp 394-404.
- Palmquist, R. B. (1991). "Hedonic methods" in *Measuring the Demand for Environmental Quality*, J. B. Braden and C. D. Kolstad (eds.), Amsterdam: North Holland.
- Pearce, D. W. and Markandya, A. (1989). *The Benefits of Environmental Policy*, Organisation of Economic Cooperation and Development, Paris.
- Pearce, D.W. and Turner, R.K. (1990) *The Economics of Natural Resources and the Environment*, Harvester Wheatsheaf, Hemel Hempstead.
- Pennington, G., N. Topham and R. Ward (1990). "Aircraft noise and residential property values adjacent to Manchester International Airport", *Journal of Transport Economics and Policy*, 24(1), pp 49-59.
- Polinsky A. M. and D. L. Rubinfeld (1977). "Property values and the benefits of environmental improvements: Theory and measurement", in *Public Economics and the Quality of Life*, L. Wingo and A. Evans (eds.), Baltimore, John Hopkins University Press (for Resources for the Future).
- Pommerehne, W. W. (1988). "Measuring environmental benefits: Comparison of a hedonic technique and CVM", in *Welfare and Efficiency in Public Economics*, D. Bos, M. Rose and C. Seidl (ed.), Berlin.
- Price, I. (1974). *The social cost of airport noise as measured by rental changes: The case of Logan Airport*, unpublished PhD dissertation, Boston University.
- Randall, A. and J. R. Stoll (1980). "Consumer's surplus in commodity space", *American Economic Review*, 70(3) pp 449-55.
- Renew, W. D. (1996a). *The relationship between traffic noise and house price*, Conference of the Australian Acoustical Society, Brisbane, 13-15<sup>th</sup> November, 1996.



- Renew, W. D. (1996b). *The relationship between traffic house prices and traffic noise in Brisbane*, Draft report, Department of the Environment, Australia.
- Ridker, R. A. and J. A. Henning (1967). "The determinants of residential property values with special reference to air pollution", *Rev. Econ. St.*, 49, pp 246-57.
- Rosen, S. (1974). "Hedonic prices and implicit markets: Product differentiation in pure competition", *Journal of Political Economy*, (82), pp 34-55.
- Schipper, Y. J. J. (1996). *On the valuation of aircraft noise: A meta-analysis*, unpublished paper, Titenberg Institute, Free University of Amsterdam.
- Schultz, W. (1986). "A survey on the status of research concerning the evaluation of benefits of environmental policy in the Federal Republic of Germany", paper presented to the *OECD Workshop on the Benefits of Environmental Policy and Decision Making*, Avignon.
- Smith, B. A. (1978). "Measuring the value of urban amenities", *J. Urban Econ.*, 5, pp 370-87
- Smith, V. K. and T. A. Deyak (1975). "Measuring the impact of air pollution on property values", *Journal of Regional Science*, 15(3), pp 277-88.
- Smith V.K. and J.-C. Huang (1995). "Can markets value air quality? A meta-analysis of hedonic property values", *J. Pol. Econ.*, 103, pp 209-27.
- Soguel, N. (1991). *Evaluation de cout social du bruit genere par le trafic routier en Ville de Neuchatel*, IRER, WP N°. 9105, Universite de Neuchatel.
- Soguel, N. (1994). *Evaluation monetaire des atteintes a l'environnement: Une etude hedoniste et contingente sur l'impact des transports*, Imprimerie de L'evolve SA Neuchatel.
- Soskin, M. D. (1979). *Detection and treatment of multicollinearity with application to problems of estimating pollution costs from housing market models*, PhD dissertation, Pennsylvania State University, UMI Order No, 8006059.
- Straszheim, M. R. (1974). "Hedonic estimation of housing market prices: A further comment", *Review of Economics and Statistics*, 56, pp 404-06.
- Tinch, R. (1995). *Valuation of environmental externalities*, report to the Department of Transport, London.
- Turner, R.K. and I. J. Bateman (1990). *A Critical Review of Monetary Assessment Methods and Techniques*, Report to the Transport and Road Research Laboratory, Environmental Appraisal Group, University of East Anglia.
- Turner, R. K., Bateman, I. J. and Brooke, J. S. (1992). "Valuing the benefits of coastal defence: a case study of the Aldeburgh sea defence scheme", in A. Coker and C. Richards (eds.), *Valuing the Environment: Economic Approaches to Environmental Evaluation*, Belhaven Press, London, pp 77-100.
- Turner, R. K., D. W. Pearce, and I. J. Bateman (1994). *Environmental Economics: An Elementary Introduction*, Harvester Wheatsheaf, Hemel Hempstead and the Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Uyeno, D., S. W. Hamilton and A. Biggs (1993). "Density of residential land use and the impact of airport noise", *Journal of Transport and Economics and Policy*, 27(1), pp 3-18.
- Vainio, M. (1995). *Traffic noise and air pollution: Valuation of Externalities with the hedonic price and contingent valuation methods*, PhD Thesis, School of Economics and Business Administration, Helsinki.
- Vaughan, R. J. and L. Huckins (1975). *The economics of expressway noise and pollution abatement*, P-5475, Santa Monica, Ca.: Ballinger.
- Walters, A. A. (1975). *Noise and prices*, Oxford University Press, London.

- Webster, R. and Oliver, M.A. (1990) *Statistical Methods in Soil and Land Resource Survey*, Oxford University Press, Oxford.
- Weisbrod, B. A. (1964). "Collective - consumption services of individual consumption goods", *Quarterly Journal of Economics*, 78:471-477.
- Wieand, K. F. (1973). "Air pollution and property values: A study of the St. Louis area", *Journal of Regional Science*, 13, pp 91-95.
- Willig, R. D. (1973). "Consumers surplus: a rigorous cookbook", *Technical Report No. 98*, Institute for Mathematical Studies in the Social Sciences, Stanford University.
- Willig, R. D. (1976). "Consumer's surplus without apology", *American Economic Review*, 66(4), pp 587-97.
- Yamaguchi, Y. (1996). *Estimating the cost of aircraft noise around airports in London*, unpublished MSc dissertation, University College London.
- Young, M. D. (1992). *Sustainable Investment and Resource Use*, UNESCO/Parthenon, Carnforth.

**Figure 4-1.** Public Annoyance versus  $L_{dn}$



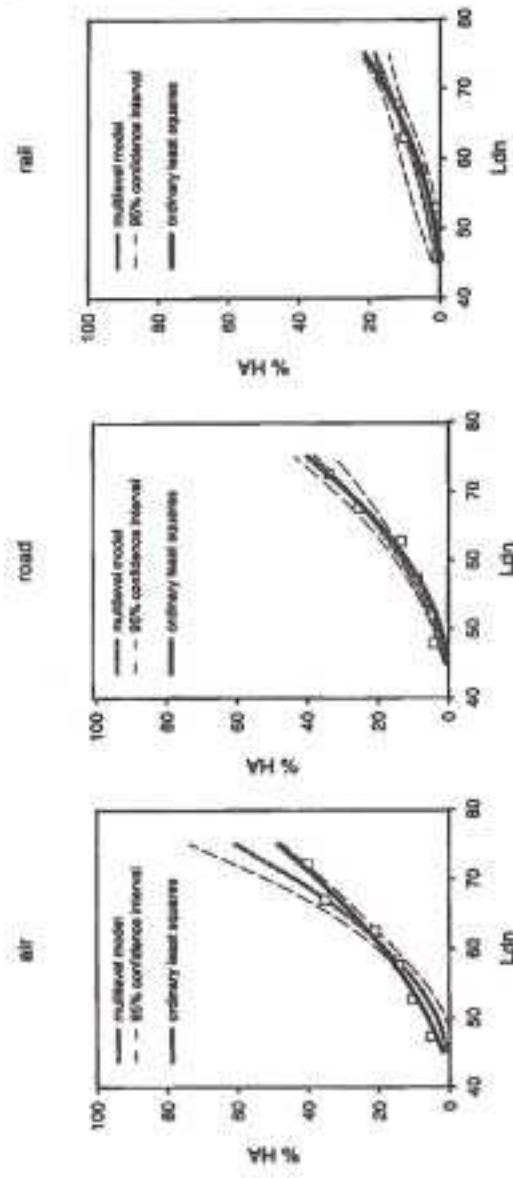


Figure 7. A recent meta-analysis of noise annoyance versus sound level by Medema and Vos (1998) using all applicable world-wide noise attitudinal survey data.



---

ALBERT-LUDWIGS-  
UNIVERSITÄT FREIBURG

Forschungszentrum für deutsches und  
internationales Umweltrecht (FZUR)

## Grundzüge des Immissionsschutzrechts

von

Holger Wöckel

© Holger Wöckel, 2008

Dieses Papier kann heruntergeladen werden von  
[www.jura.uni-freiburg.de/institute/ioeffr3/forschung/papers.php](http://www.jura.uni-freiburg.de/institute/ioeffr3/forschung/papers.php)

Papers und Preprints aus dem FZUR

Dezember 2008

I.	Einleitung .....	5
II.	Regelungsprogramm und Grundbegriffe des BImSchG .....	6
	1. Regelungsprogramm .....	6
	a) Gesetzeszweck .....	6
	b) Regelungsbereiche .....	7
	c) Untergesetzliche Regelwerke .....	7
	2. Grundbegriffe .....	7
	a) Emissionen und Immissionen .....	7
	aa) Emissionen .....	8
	bb) Immissionen .....	8
	b) Schädliche Umwelteinwirkungen .....	8
	aa) Schaden („Gefahr“) .....	9
	bb) Belästigung .....	9
	cc) Nachteil .....	9
	dd) Erheblichkeit .....	9
	ee) Eignung zur Herbeiführung .....	11
III.	Anlagenbezogener Immissionsschutz .....	12
	1. Anlagenbegriff .....	12
	2. Recht der genehmigungsbedürftigen Anlagen .....	14
	a) Genehmigungsbedürftigkeit .....	14
	b) Genehmigungsvoraussetzungen .....	14
	aa) Überblick .....	14
	bb) Betreiberpflichten .....	15
	(1) Integrationsklausel .....	15
	(2) Schutz- bzw. Abwehrpflicht, § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 BImSchG .....	16
	(3) Vorsorgepflicht, § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 2, S. 2 u. 3 BImSchG .....	20
	(4) Abfallvermeidungs- und -entsorgungspflicht, § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 3 BImSchG .....	24
	(5) Pflicht zur sparsamen und effizienten Energieverwendung, § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 3, S. 4 BImSchG .....	24
	(6) Nachsorgepflicht, § 5 Abs. 3 BImSchG .....	24
	cc) Andere öffentlich-rechtliche Vorschriften und Belange des Arbeitsschutzes .....	24
	c) Genehmigungsverfahren .....	25
	aa) Verfahrensarten .....	25

bb) Förmliches Genehmigungsverfahren nach § 10 BImSchG .....	25
(1) Verfahrensablauf.....	25
(2) Öffentlichkeitsbeteiligung und Präklusion.....	26
(3) Umweltverträglichkeitsprüfung.....	28
cc) Vereinfachtes Verfahren nach § 19 BImSchG.....	29
dd) Zuständigkeiten .....	30
d) Genehmigungswirkungen.....	30
aa) Gestattungswirkung und Feststellungswirkung .....	30
bb) Konzentrationswirkung.....	31
cc) Privatrechtsgestaltende Wirkung.....	31
e) Teilgenehmigung und Vorbescheid .....	32
aa) Teilgenehmigung, § 8 BImSchG.....	32
bb) Vorbescheid, § 9 BImSchG .....	34
f) Anlagenänderungen.....	34
g) Nachträgliche Eingriffsbefugnisse .....	35
aa) Nachträgliche Anordnungen, § 17 BImSchG .....	35
bb) Untersagung, Stilllegung und Beseitigung, § 20 BImSchG .....	37
cc) Widerruf der Genehmigung, § 21 BImSchG .....	38
3. Recht der nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen.....	38
a) Betreiberpflichten, § 22 BImSchG.....	39
b) Eingriffsbefugnisse .....	43
aa) Anordnungen im Einzelfall, § 24 BImSchG.....	43
bb) Untersagung, § 25 BImSchG .....	45
4. Rechtsschutzfragen .....	45
a) Rechtsschutz bei genehmigungsbedürftigen Anlagen.....	45
aa) Rechtsschutz des Antragstellers .....	45
bb) Rechtsschutz des Nachbarn.....	46
cc) Maßgeblicher Zeitpunkt für die Beurteilung der Sach- und Rechtslage .....	46
b) Nachbarschutz bei nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen .....	46
c) Nachbarschutz bei hoheitlich betriebenen Anlagen.....	47
IV. Produktbezogener Immissionsschutz.....	48
V. Verkehrsbezogener Immissionsschutz.....	48
VI. Gebietsbezogener Immissionsschutz .....	48
1. Europarechtlicher Hintergrund .....	49
2. Nationales Instrumentarium .....	49

a) Luftqualitätspläne.....	50
b) Maßnahmen aufgrund von Luftqualitätsplänen.....	52
c) Planunabhängige Maßnahmen.....	53
aa) Aktive Maßnahmen.....	53
bb) Unterlassen grenzwertwidriger staatlicher Vorhabenzulassung.....	54
(1) Planungsentscheidungen.....	54
(2) Anlagenzulassung nach dem BImSchG.....	56
3. Rechtsschutzfragen.....	57
a) Drittschützende Qualität der Grenzwerte.....	57
b) Anspruch auf planunabhängige Maßnahmen.....	58
c) Anspruch auf Vollzug bestehender Luftqualitätspläne.....	59
d) Anspruch auf Aufstellung (ausreichender) Luftqualitätspläne.....	60
VII. Gemeinsame Vorschriften.....	61



## I. Einleitung

Das Immissionsschutzrecht zielt ab auf die Bekämpfung von störenden Luftverunreinigungen, Geräuschen, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnlichen Umwelteinwirkungen (vgl. § 3 Abs. 2 BImSchG). Nach seiner historischen Entwicklung und praktischen Bedeutung zählt es zum Kernbereich des modernen Umweltrechts.

Die wichtigste Rechtsgrundlage bildet das 1974 erlassene Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG). Neben dem BImSchG und den darauf gestützten Rechtsverordnungen des Bundes und der Länder finden sich immissionsschutzrechtliche Bestimmungen in zahlreichen anderen Gesetzen.

Auf **Bundesebene** sind dies z.B.

- das Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz (TEHG),
- das Luftverkehrsgesetz (LuftVG) und das Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (FluglärmG),
- das Atomgesetz (AtG),
- die Straßenverkehrsordnung (StVO) und die Straßenverkehrszulassungsordnung (StVZO),
- das Baugesetzbuch (BauGB, insb. §§ 9 Abs. 1 Nrn. 23a u. 24, 34 Abs. 1, 35 Abs. 3 S. 1 Nr. 3) und die Baunutzungsverordnung (BauNVO, insb. § 15 Abs. 1 S. 2),
- das Strafgesetzbuch (StGB, insb. §§ 325, 325 a),
- das Gesetz über Ordnungswidrigkeiten (OWiG, § 117).

Soweit der Immissionsschutz auf Bundesebene nicht bzw. nicht abschließend geregelt ist, kommen **landesrechtliche Regelungen** zum Zug. Das betrifft insb. den verhaltensbezogenen Immissionsschutz. Die Länder haben teilweise eigene Immissionsschutzgesetze erlassen (z.B. Bayern und NRW). Wo dies nicht der Fall ist (z.B. in Baden-Württemberg), findet das allgemeine Sicherheitsrecht Anwendung (z.B. PolG BW).

Das deutsche Recht wird zudem durch zahlreiche immissionsschutzrechtlich relevante **Vorschriften der Europäischen Gemeinschaft** beeinflusst. Aus einer Vielzahl von Rechtsakten seien nur beispielhaft genannt

- die Richtlinie 96/61/EG über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU-RL),
- die Richtlinie 2008/50/EG über die Luftqualität und saubere Luft für Europa (Luftqualitäts-RL),
- die Richtlinie 2002/49/EG über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm (Umgebungslärm-RL),
- die Richtlinie 2001/80/EG zur Begrenzung von Schadstoffemissionen durch Großfeuerungsanlagen,
- die Richtlinie 2000/76/EG über die Verbrennung von Abfällen,
- die Richtlinie 96/82/EG zur Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen mit gefährlichen Stoffen (Seveso-II-RL).

Die nachfolgende Darstellung konzentriert sich auf das BImSchG, das Kern- und Referenzgesetz des Immissionsschutzrechts. Auf das Verhältnis zu sonstigen Vorschriften, insb. zum Immissionsschutz nach Landesrecht, wird dabei an geeigneter Stelle eingegangen.

## **II. Regelungsprogramm und Grundbegriffe des BImSchG**

### **1. Regelungsprogramm**

#### **a) Gesetzeszweck**

Gemäß seinem § 1 Abs. 1 besteht der Zweck des BImSchG darin,

- Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur und sonstige Sachgüter
- vor schädlichen Umweltwirkungen zu schützen und
- dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen.

Für den Bereich genehmigungsbedürftiger Anlagen dient das Gesetz nach § 1 Abs. 2 zudem

- der integrierten Vermeidung und Verminderung schädlicher Umwelteinwirkungen durch Emissionen in Luft, Wasser und Boden unter Einbeziehung der Abfallwirtschaft, um ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu erreichen, sowie
- dem Schutz und der Vorsorge gegen Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen, die auf andere Weise herbeigeführt werden.

Hierin spiegelt sich der integrative Ansatz der IVU-Richtlinie, der sich vom klassischen deutschen Konzept eines ein-medialen (Luft) und kausalen (schädliche Umwelteinwirkungen) Umweltschutzes unterscheidet. Das Zulassungsverfahren soll einer medienübergreifenden Betrachtungsweise geöffnet werden, insb. sollen Belastungsverlagerungen von einem Umweltmedium in ein anderes Berücksichtigung finden. § 1 Abs. 2 BImSchG bewirkt demgemäß die Erfassung nicht nur mittelbarer Belastungen von Gewässern und Böden über den herkömmlichen Luftpfad, sondern auch unmittelbarer Schadstoffeinträge in die anderen Umweltmedien<sup>1</sup>. Außerdem beziehen sich Schutz und Vorsorge nicht nur auf schädliche Umwelteinwirkungen (Immissionen, vgl. § 3 Abs. 1 BImSchG), sondern auch auf andere Gefahren (z.B. Explosions- und Brandgefahren; Ausstoß wägbarer Stoffe wie Steine, Anlagenteile etc.; Einsturz von Gebäuden, Überflutung).

§ 1 BImSchG begründet freilich selbst weder unmittelbare Pflichten des Bürgers noch behördliche Eingriffsbefugnisse. Er ist von Bedeutung für die Auslegung unbestimmter Rechtsbegriffe sowie die Konkretisierung von Ermessensspielräumen in den nachfolgenden Einzelbestimmungen des Gesetzes.

---

<sup>1</sup> Das Verhältnis von Boden- und Immissionsschutzrecht ist geregelt in § 3 Abs. 1 Nr. 11, Abs. 3 BBodSchG. Danach bestimmt sich nach den Vorgaben des BBodSchG, wann Immissionen im Hinblick auf den Boden schädlich sind. Ist das der Fall, kommen die Anforderungen des BImSchG zum Tragen (und tritt das BBodSchG zurück). Hierzu *Jarass*, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 2 Rn. 28; *Schmidt/Kahl*, Umweltrecht, 7. Aufl. 2006, § 7 Rn. 14. Für das Wasserrecht folgt demgegenüber aus § 2 Abs. 2 S. 2 BImSchG, dass dessen materiellrechtlichen Anforderungen an Gewässer spezieller sind als die Vorschriften des BImSchG. Hierzu *Jarass*, a.a.O., Rn. 26; *Schmidt/Kahl*, a.a.O., § 4 Rn. 12.

## **b) Regelungsbereiche**

Zur Erreichung dieses Zwecks enthält das BImSchG – im Rahmen seines in § 2 BImSchG umschriebenen Anwendungsbereichs – Vorgaben für

- den anlagenbezogenen Immissionsschutz (zweiter Teil, §§ 4-31),
- den produktbezogenen Immissionsschutz (dritter Teil, §§ 32-37 d),
- den verkehrsbezogenen Immissionsschutz (vierter Teil, §§ 38-43 BImSchG) sowie
- den gebietsbezogenen Immissionsschutz (fünfter Teil, §§ 44-47 BImSchG und sechster Teil, §§ 47 a-47 f BImSchG).

## **c) Untergesetzliche Regelwerke**

Das BImSchG beschränkt sich im Wesentlichen auf allgemein formulierte Vorgaben. Für die tägliche juristische Anwendung handhabbar werden diese erst durch untergesetzliche Konkretisierungen in zahlreichen Durchführungsverordnungen. Zu nennen sind etwa

- die 4. BImSchV über genehmigungsbedürftige Anlagen,
- die 9. BImSchV über das Genehmigungsverfahren,
- die 12. BImSchV – Störfallverordnung,
- die 13. BImSchV über Großfeuerungsanlagen,
- die 16. BImSchV – Verkehrslärmschutzverordnung,
- die 17. BImSchV über Abfallverbrennungsanlagen,
- die 18. BImSchV – Sportanlagenlärmschutzverordnung sowie
- die 22. BImSchV für Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft.

Von großer praktischer Bedeutung sind zudem die als allgemeine Verwaltungsvorschriften auf Grundlage von § 48 BImSchG ergangenen Technischen Anleitungen zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) sowie zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm).

Auf Einzelheiten wird an geeigneter Stelle eingegangen.

## **2. Grundbegriffe**

§ 3 BImSchG enthält eine Reihe von Legaldefinitionen, die für sämtliche der oben genannten Regelungsbereiche des Gesetzes von Bedeutung sind und daher hier vorab dargestellt werden.

Zum systematischen Verständnis und zur richtigen Einordnung (auch in der Klausurprüfung) sei die Bedeutung der Grundbegriffe an dem der „Immissionen“ verdeutlicht:

Nach § 6 Abs. 1 Nr. 1 BImSchG ist Voraussetzung für die Erteilung einer Genehmigung u.a., dass die sich aus § 5 BImSchG ergebenden sog. Betreiber- bzw. Grundpflichten erfüllt sind. Zu diesen Betreiberpflichten gehört insb. auch die Schutzpflicht nach § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 BImSchG, wonach durch Anlagenerrichtung und -betrieb keine schädlichen Umwelteinwirkungen etc. hervorgerufen werden dürfen. „Schädliche Umwelteinwirkungen“ sind gemäß § 3 Abs. 1 BImSchG Immissionen mit Störqualität. Was wiederum unter „Immissionen“ zu verstehen ist, ergibt sich aus § 3 Abs. 2 BImSchG.

### **a) Emissionen und Immissionen**

Die Begriffe „Emissionen“ und „Immissionen“ beschreiben die gleichen physikalischen Erscheinungen, wobei jedoch Emissionen quellenbezogen, Immissionen akzeptorbezogen defi-

niert werden. Kurz und knapp: Emission ist das, was aus dem Schornstein raus kommt; Immission ist das, was an anderer Stelle runter regnet.

### **aa) Emissionen**

Emissionen sind gemäß § 3 Abs. 3 BImSchG

- die von einer Anlage (vgl. § 3 Abs. 5 BImSchG<sup>2</sup>) ausgehenden (Quellenbezug)
- Luftverunreinigungen (vgl. § 3 Abs. 4 BImSchG), Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnliche (= unwägbar physische) Erscheinungen.

Bsp.: „Ähnliche Erscheinungen“ sind z.B. Funken, die Zufuhr kalter Luft, Krankheitserreger, Holzstaub.

Nicht erfasst werden – weil nicht unwägbar (= in der Luft sofort zu Boden sinkend) – z.B. Steinschlag, das Anschwemmen von Stoffen, Überflutungen oder Einwirkungen durch Tiere, Holzspäne.

Nicht erfasst werden – weil nicht physisch (= aus Materieteilchen bestehend bzw. durch physikalische Wellen übertragen) – ideelle Einwirkungen (Bsp.: Beeinträchtigung des Landschaftsbildes, verwahrloster Eindruck eines Grundstücks) und negative Immissionen (Bsp.: Behinderung des Zutritts von Licht und Luft).

### **bb) Immissionen**

Immissionen sind gemäß § 3 Abs. 2 BImSchG

- auf Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter einwirkende (Akzeptorbezug)
- Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnliche (= unwägbar physische) Umwelteinwirkungen.

### **b) Schädliche Umwelteinwirkungen**

Schädliche Umwelteinwirkungen sind gemäß § 3 Abs. 1 BImSchG

- Immissionen,
- die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind,
  - Gefahren,
  - erhebliche Nachteile oder
  - erhebliche Belästigungen

für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen.

Kurz: Schädliche Umwelteinwirkungen sind Immissionen mit Störqualität.

Die erforderliche Störqualität (Schädlichkeit) besteht in der Eignung zur Herbeiführung von Gefahren, erheblichen Nachteilen oder erheblichen Belästigungen. Die gesetzliche Formulierung ist insoweit missglückt, als der Begriff der „Gefahr“ die Möglichkeit eines Schadens, also die Eigenschaft eines Geschehensablaufs beschreibt, während Nachteile und Belästigungen die Resultate eines Geschehensablaufs sind. Das begriffliche Pendant zum Nachteil und zur Belästigung ist daher der Schaden und nicht die Gefahr<sup>3</sup>. Die Formulierung erklärt sich aus den historischen Wurzeln des BImSchG im Gewerberecht, einer polizeirechtlichen Materie. Der klassische polizeirechtliche Schutz vor Schäden wird im BImSchG um den Schutz

---

<sup>2</sup> Zum Anlagenbegriff unten III.1, S. 12.

<sup>3</sup> Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 3 Rn. 24.

vor (erheblichen) Nachteilen und Belästigungen ergänzt. Nach allgemeiner Ansicht genügt zur Begründung der Störqualität – wie dies im Hinblick auf Schäden nach dem klassischen Gefahrenbegriff ohnehin der Fall ist – auch bei (erheblichen) Nachteilen und Belästigung die *Möglichkeit* ihres Eintritts, mag auch die erforderliche Wahrscheinlichkeit regelmäßig höher als bei Schäden anzusetzen sein („Je-desto-Formel“). § 3 Abs. 1 BImSchG ist daher so zu lesen, als ob dort von der Eignung gesprochen würde, einen Schaden, einen erheblichen Nachteil oder eine erhebliche Belästigung herbeizuführen.

#### **aa) Schaden („Gefahr“)**

Als Schaden, der bei hinreichender Eintrittswahrscheinlichkeit eine Gefahr konstituiert, ist jede erhebliche Beeinträchtigung eines der Schutzgüter des § 1 BImSchG anzusehen.

#### **bb) Belästigung**

Belästigungen sind Beeinträchtigungen des körperlichen und seelischen Wohlbefindens eines Menschen unterhalb der Schwelle der Gesundheitsschädigung<sup>4</sup>.

Bsp.: Durch einen benachbarten Schweinestall oder eine Molkerei hervorgerufener Gestank, kommunikationsbeeinträchtigender Lärm aus einem Sägewerk.

#### **cc) Nachteil**

Dem Nachteilsbegriff schließlich werden alle negativen Auswirkungen zugeordnet, die nicht bereits als Schaden oder Belästigung qualifiziert werden können<sup>5</sup>.

Beeinträchtigungen von Rechtsgütern (i.S.v. § 1 Abs. 1 BImSchG) fallen unter den Schadensbegriff, so dass Nachteile die Beeinträchtigung bloßer Interessen erfassen. Körperliche und seelische Interessen des Menschen werden über den Belästigungsbegriff erfasst. Schutzgegenstand des Nachteilsbegriffs sind daher insb. das Vermögen und solche immaterielle Werte, die nicht unmittelbar mit der menschlichen Persönlichkeit verbunden sind.

Bsp.: Umsatzeinbußen aufgrund Baulärms, Wertminderung eines Grundstücks, Aufwendungen für Streugut gegen immissionsbedingter Glättebildung, Verminderung der Wohnqualität.

#### **dd) Erheblichkeit**

Während (hinreichend wahrscheinliche) Schäden stets beachtlich sind, sind es Nachteile und Belästigungen nur, soweit sie erheblich sind (vgl. § 3 Abs. 1 BImSchG). Doch ist das Kriterium der Erheblichkeit auch für den Schadensbegriff von Relevanz, weil nur erhebliche Rechtsgutsbeeinträchtigungen als Schaden qualifiziert werden. Von schädlichen Umwelteinwirkungen lässt sich daher generell nur dann sprechen, wenn die negativen Effekte erheblich sind.

(1) Der Begriff der Erheblichkeit<sup>6</sup> deckt sich nach h.M. mit dem der *(Un-)Zumutbarkeit*. Erheblich sind danach diejenigen Beeinträchtigungen, die in der gegebenen Situation nach Art, Ausmaß oder Dauer (vgl. § 3 Abs. 1 BImSchG) das dem Betroffenen zumutbare Maß überschreiten. Erforderlich ist eine *einzelfallbezogene Bewertung* der Wirkungen der Immissionen für den Betroffenen in der konkreten Situation.

Wegen der Akzeptorbezogenheit des Immissionsbegriffs kommt es für die Bewertung auf die *Gesamtbelastung* an, der der Betroffene ausgesetzt ist. Berücksichtigung findet also nicht nur der von einer bestimmten Quelle (insb. Anlage) hervorgerufene Immissionsanteil, sondern

---

<sup>4</sup> Amtl. Begr. zu § 3 BImSchG, BT-Drs. 7/179, S. 29; Jarass (a.a.O.), § 3 Rn. 27; Murswiek, in: Kimminich/von Lersner/Storm, HdUR, 2. Aufl. 1994, Bd. I, Sp. 221.

<sup>5</sup> Jarass (a.a.O.), § 3 Rn. 28; Murswiek (a.a.O.), Bd. II, Sp. 1432.

<sup>6</sup> Hierzu etwa Jarass (a.a.O.), § 3 Rn. 46 ff. m.w.N.

auch eine bestehende Vorbelastung<sup>7</sup>. Maßstab der Bewertung ist der **verständige Durchschnittsmensch** in vergleichbarer Lage. Die subjektive (Über-)Empfindlichkeit des Einzelnen bleibt danach außer Betracht; die besondere Empfindlichkeit bestimmter sog. vulnerabler Personengruppen (Kinder, Schwangere, Alte) findet hingegen Berücksichtigung<sup>8</sup>.

Gesundheitsbeeinträchtigungen sind wegen des hohen Gewichts des Grundrechts aus Art. 2 Abs. 2 S. 1 GG immer erheblich. Bei Sachschäden, Nachteilen und Belästigungen entscheiden die Umstände des konkreten Einzelfalls. Zu berücksichtigen sind **Art, Ausmaß und Dauer** der Immissionen. Was die *Art* der Immissionen angeht, ist z.B. Musik zumeist weniger störend als gewerbliche Geräusche; Eisenbahnverkehr wird nach Erkenntnissen der Lärmwirkungsforschung als weniger störend empfunden als Straßenverkehr (hierauf beruht der in § 43 Abs. 1 S. 2 BImSchG i.V.m. § 3 der 16. BImSchV und der dazugehörigen Anlage 2 vorgesehene sog. „Schienenbonus“<sup>9</sup>). Mit dem *Ausmaß* ist die Intensität bzw. Menge der Einwirkung gemeint. Die *Dauer* bezieht sich auf den zeitlichen Umfang sowie die zeitliche Verteilung der Immissionen.

Von großer Bedeutung sind insb. **Schutzwürdigkeit und Schutzbedürftigkeit eines Gebiets**. Maßgeblich ist die bauplanungsrechtliche oder auch die faktische Prägung des jeweiligen Gebiets. Z.B. sind Nutzungen in einem allgemeinen Wohngebiet schutzwürdiger als die in einem Gewerbegebiet. Nach der Rechtsprechung des BVerwG reduzieren vorhandene Vorbelastungen die Schutzwürdigkeit des Gebiets, erhöhen also die Zumutbarkeitsschwelle. Dies gilt gleichermaßen für faktische Vorbelastungen wie für planerische Vorbelastungen. Letztere besteht, wenn aufgrund einer bereits hinreichend konkretisierten Planung künftig mit einer höheren Belastung zu rechnen ist. Eine hinreichende Konkretisierung der Planung besteht in der Regel ab Auslegung der Planunterlagen. Jedoch ist in sog. Gemengelagen oder im Grenzbereich verschiedener Gebietsarten die Bewertung nicht einseitig zu Lasten der immissionsbetroffenen Grundstücke vorzunehmen. Vielmehr ist auch der Emittent zur Rücksichtnahme verpflichtet. Dies führt dazu, dass die Zumutbarkeitsschwelle durch Bildung einer Art Mittelwert zu bestimmen ist.

Bei der Bewertung ist ggf. auch die **Sozialadäquanz** der Immissionen zu berücksichtigen. Insoweit sind insb. ihre Herkömmlichkeit oder allgemeinen Akzeptanz von Bedeutung (Bsp.: Kirchenglocken, Wertstoffcontainer, Sportplatz, Volksfest<sup>10</sup>).

Maßstab zur Bestimmung der Erheblichkeit bzw. Unzumutbarkeit sind allein die Wirkungen der Immissionen beim Betroffenen. Es erfolgt **keine umfassende Abwägung** sämtlicher widerstreitender Interessen<sup>11</sup>. Die würde dazu führen, dass der Begriff der schädlichen Umwelt-

---

<sup>7</sup> Str. ist das für den immissionsschutzrechtlich in §§ 41 ff. BImSchG geregelten Straßen- und Schienenwegebau. Das BVerwG stellt insoweit in st. Rspr. nicht auf die Gesamtbelastung ab, sondern berücksichtigt nur die von dem jeweils in Rede stehenden Verkehrsweg hervorgerufenen Immissionen. Summationseffekte sollen nur dann Berücksichtigung finden, wenn die Gesamtbelastung die sog. verfassungsrechtliche Zumutbarkeitsschwelle überschreitet, d.h. wenn es zu Gesundheitsgefährdungen bzw. -schädigungen kommt. Vgl. hierzu *Halama*, VBIBW 2006, 132 (136 f.) m.w.N.

<sup>8</sup> Die auf den Durchschnittsmenschen abstellende Typisierung dürfte freilich nur für den Bereich der Belästigungen und Nachteile zulässig sein. Im Hinblick auf Gesundheitsbeeinträchtigungen sind aus verfassungsrechtlichen Gründen richtigerweise wohl auch überdurchschnittliche Empfindlichkeiten zu berücksichtigen, denn das Grundrecht aus Art. 2 Abs. 2 S. 1 GG schützt die körperliche Unversehrtheit des Einzelnen „so wie sie ist“. Zur Problematik des Schutzes überdurchschnittlich empfindlicher Personen eingehend *Wulforst*, NuR 1995, 221 ff.

<sup>9</sup> Kritisch zum Schienenbonus *Sparwasser/Rombach*, NVwZ 2007, 1135 ff.

<sup>10</sup> Anschaulich hierzu etwa VGH Kassel, NVwZ-RR 2006, 531 (532 f.).

<sup>11</sup> Str., vgl. hierzu *Jarass*, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 3 Rn. 47 m.w.N.; *Koch*, in: ders. (Hrsg.), Umweltrecht, 2. Aufl. 2007, § 4 Rn. 203 ff. Die Rechtsprechung hierzu ist uneinheitlich.

einwirkungen alle Konturen verlöre. Deshalb sind insb. der wirtschaftliche Aufwand des Emittenten für Vermeidungsmaßnahmen oder der Nutzen der immissionsverursachenden Tätigkeit für die Allgemeinheit bei der Beurteilung der Schädlichkeit nicht zu berücksichtigen<sup>12</sup>. Das entspricht auch der Systematik des BImSchG, das die Abwehr schädlicher Umwelteinwirkungen teils strikt vorschreibt (§ 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 BImSchG), teils nur nach Maßgabe einer Abwägung mit entgegenstehenden Interessen des Emittenten oder der Allgemeinheit (§§ 22 Abs. 1 S. 1 Nr. 2, 41 Abs. 2 BImSchG; siehe auch § 17 Abs. 2 BImSchG)<sup>13</sup>.

(2) **Normative Konkretisierungen** der Schädlichkeitsschwelle finden sich im untergesetzlichen Regelwerk. Durch derartige Vorgaben wird zum einen der Gesetzesvollzug erleichtert, zum anderen aber auch eine einheitliche Gesetzesanwendung sichergestellt.

Beispiele:

- Die 22. BImSchV enthält Immissionswerte für verschiedene Luftschadstoffe zum Schutz der menschlichen Gesundheit (dort in § 4 Abs. 2 auch der gegenwärtig vieldiskutierte Grenzwert für Feinstaubbelastungen).
- § 2 der 16. BImSchV normiert Immissionsgrenzwerte zum Schutz der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Straßen- und Schienenverkehrsgeräusche.
- Für durch Anlagen hervorgerufene Luftverunreinigungen normiert die TA Luft in
  - Nr. 4.2.1 Immissionswerte für verschiedene Luftschadstoffe zum Schutz der menschlichen Gesundheit;
  - Nr. 4.3.1 einen Immissionswert für Staubbiederschlag zum Schutz vor erheblichen Belästigungen oder Nachteilen;
  - Nr. 4.4.1/2 Immissionswerte für Schwefeldioxid, Stickstoffoxide und Fluorwasserstoff zum Schutz vor erheblichen Nachteilen, insb. Schutz der Vegetation und von Ökosystemen.
- Für Anlagengeräusche markieren die Immissionsrichtwerte nach Nr. 6 TA Lärm für den Regelfall die Grenze zwischen zumutbaren und nicht zumutbaren Lärmimmissionen (wobei nicht nach Gefahren, erheblichen Nachteilen und erheblichen Belästigungen differenziert wird)<sup>14</sup>.

(3) Der Begriff der Erheblichkeit i.S.v. § 3 Abs. 1 BImSchG deckt sich nach h.M. mit dem der Wesentlichkeit von Beeinträchtigungen nach § 906 BGB, so dass ein Gleichlauf von öffentlich-rechtlichem und zivilrechtlichem Immissionsschutz gewährleistet ist (vgl. auch § 906 Abs. 1 S. 2 u. 3 BGB).

### ee) Eignung zur Herbeiführung

Die Immissionen müssen „geeignet“ sein, einen Schaden („Gefahr“), einen Nachteil oder eine Belästigung herbeizuführen. Das ist der Fall, wenn bei ungehindertem Ablauf des objektiv zu erwartenden Geschehens ein Schaden, ein erheblicher Nachteil oder eine erhebliche Belästigung mit hinreichender Wahrscheinlichkeit zu erwarten ist.

---

<sup>12</sup> Anders z.B. BVerwGE 79, 254 (262): Bei der Beurteilung der Erheblichkeit des Lärms einer Feueralarmsirene darf deren Alarmzweck nicht unberücksichtigt bleiben.

<sup>13</sup> So hätte in dem BVerwGE 79, 254 ff. zugrundeliegenden Fall der Alarmzweck der Sirene systematisch richtig bei der Bestimmung des noch zulässigen „Mindestmaßes“ an schädlichen Umwelteinwirkungen i.S.v. § 22 Abs. 1 S. 1 Nr. 2 BImSchG Berücksichtigung finden müssen. Vgl. hierzu unten III.3.a), S. 39 f.

<sup>14</sup> Zur Frage der Bindungswirkung von TA Luft und TA Lärm vgl. unten III.2.b)bb)(2), S. 18.

Dies entspricht der klassischen **Gefahrendefinition** des Polizeirechts. Allerdings wird der Gefahrenbegriff über den Schaden (an einem Rechtsgut) hinaus ausgedehnt auf (erhebliche) Nachteile und Belästigungen<sup>15</sup>.

Wie auch im Polizeirecht stehen die Anforderungen an die Wahrscheinlichkeit der Beeinträchtigung in einem umgekehrten Verhältnis zur Größe des zu erwartenden Schadens („Jedesto-Formel“). Anders als dort kann es das Immissionsschutzrecht für die Beurteilung des Wahrscheinlichkeitsgrades aber nicht beim Maßstab der Erfahrungen des täglichen Lebens bewenden lassen. Wegen der hohen technischen Komplexität, des größeren prognostischen Elements und der Bedeutung der betroffenen Rechtsgüter ist vielmehr wissenschaftlich-technischer Sachverstand heranzuziehen.

An dieser Stelle ist nochmals zu betonen, dass es wegen der Akzeptorbezogenheit des Immissionsbegriffs für die Beurteilung der Schädlichkeit auf die Gesamtbelastung am Einwirkungsort ankommt. Wenn etwa § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 BImSchG gebietet, dass eine Anlage keine schädlichen Umwelteinwirkungen hervorrufen darf, bedeutet dies angesichts der gebotenen summativen Betrachtungsweise, dass die Anlage keinen Immissions*beitrag* leisten darf, der *zusammen mit anderen* am Einwirkungsort zur Überschreitung der Schädlichkeitsschwelle führt.

### III. Anlagenbezogener Immissionsschutz

Der zweite Teil des BImSchG (§§ 4-31) enthält Vorschriften für Errichtung und Betrieb von Anlagen. Der anlagenbezogene Immissionsschutz ist von besonderer praktischer Bedeutung und besitzt daher auch eine hohe Klausurrelevanz.

Das Gesetz unterscheidet zwischen genehmigungsbedürftigen (§§ 4 ff.) und nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen (§§ 22 ff.). Gemeinsame Anwendbarkeitsvoraussetzung beider Regelungsbereiche ist das Vorliegen einer „Anlage“.

#### 1. Anlagenbegriff

§ 3 Abs. 5 BImSchG definiert Anlagen als

- Betriebsstätten oder sonstige *ortsfeste* Einrichtungen (Nr. 1),
- Maschinen, Geräte und sonstige *ortsveränderliche technische* Einrichtungen sowie Fahrzeuge, soweit sie nicht der Vorschrift des § 38 BImSchG unterliegen (Nr. 2), und
- *Grundstücke*, auf denen Stoffe gelagert oder abgelagert oder Arbeiten durchgeführt werden, die Emissionen verursachen können, ausgenommen öffentliche Verkehrswege (Nr. 3).

Da das BImSchG in zahlreichen anlagenbezogenen Bestimmungen von einem Anlagen*betrieb* ausgeht, ergänzt die h.M. die Legaldefinition des § 3 Abs. 5 BImSchG um das Merkmal des „Betriebs“. Die dort genannten Objekte sind daher nur Anlagen, wenn sie in irgendeiner Form (etwa in technischer oder organisatorischer Hinsicht) „betrieben“ werden, wobei jedoch ein sehr weiter Betriebsbegriff zugrunde gelegt wird<sup>16</sup>.

---

<sup>15</sup> Zur insoweit missglückten Formulierung des Gesetzes vgl. bereits oben II.2.b), S. 8.

<sup>16</sup> Schmidt/Kahl, Umweltrecht, 7. Aufl. 2006, § 3 Rn. 111.



*Ortsfeste Einrichtungen* (Nr. 1) sind vom Menschen geschaffene standortgebundene Objekte, insb. gewerbliche, industrielle oder landwirtschaftliche Produktionsstätten, aber z.B. auch Kirchenglocken, Feuersirenen, Hundezwinger, Kegelbahnen, Gaststätten, Sportanlagen, Kinderspielflächen oder Windkraftanlagen.

*Ortsveränderliche technische Einrichtungen* (Nr. 2) sind z.B. Baumaschinen (Kräne, Kompressoren, Bagger, Druckluftschlämmer etc.), Reststoffsammelbehälter, Rasenmäher, oder Radio- und andere Tonwiedergabegeräte. Es muss sich um Einrichtungen *technischer* Natur handeln, was eine gewisse Komplexität voraussetzt. Deshalb und/oder wegen eines fehlenden „Betriebs“ fallen einfache Werkzeuge und kleinere Spiel- und Sportgeräte nach überwiegender Ansicht nicht unter den Anlagenbegriff. Das Gleiche gilt für nichtelektrische Musikinstrumente. Im Einzelnen ist die Abgrenzung des Anlagenbegriffs „nach unten“ freilich umstritten (z.B. für Radios)<sup>17</sup>. Fahrzeuge unterfallen dem Anlagenbegriff nur im Hinblick auf nicht verkehrsbedingte Emissionen (Bsp.: Transportbetonmischer, Mähdrescher beim Ernteinsatz).

*Grundstücke* (Nr. 3) sind Anlagen i.S.d. BImSchG, wenn die genannten Aktivitäten (Lagern und Ablagern emissionsträchtiger Stoffe, emissionsträchtige Arbeiten) wesentlicher Inhalt der Zweckbestimmung des Grundstücks sind. Es muss bestimmungsgemäß, nicht nur gelegentlich emissionsträchtigen Aktivitäten dienen, die Aktivitäten müssen also für eine gewisse Dauer ausgeübt werden. Andernfalls würde das BImSchG sämtliche verhaltensbedingte Emissionen erfassen, weil diese ja stets auf einem Grundstück stattfinden. Danach sind z.B. Bauhöfe in der Regel Anlagen, Baustellen hingegen nur dann, wenn sie wenigstens mehrere Monate ununterbrochen bestehen<sup>18</sup>.

Das anlagenbezogene Immissionschutzrecht gilt nur für **anlagenbedingte** schädliche Umwelteinwirkungen. Anlagenbedingt sind neben den unmittelbar durch die Anlage selbst verursachten Immissionen auch solche, die zwar durch menschliches Verhalten hervorgerufen werden, der Anlage aber deshalb zuzurechnen sind, weil sie in einem betriebstechnischen bzw. funktionalen Zusammenhang mit dem Anlagenbetrieb stehen bzw. hierbei typischerweise verursacht werden<sup>19</sup>. Rein **verhaltensbedingte Immissionen**, also solche, die unmittelbar von Menschen, Tieren oder Pflanzen ausgehen und nicht dem Betrieb einer Anlage zuzurechnen sind, werden vom BImSchG nicht erfasst (vgl. § 2 Abs. 1 BImSchG) und unterliegen ausschließlich dem Immissions- bzw. Sicherheitsrecht der Länder (BW: PolG)<sup>20</sup>.

Bsp.: Verhaltensbedingt sind etwa Immissionen durch lautes Singen oder Musizieren (mit nichtelektrischen Musikinstrumenten, s.o.), Teppichklopfen, das Abbrennen von Feuerwerkskörpern, das Verbrennen von Gartenabfällen, das Spalten von Holz mit einem Beil oder Gartenpartys. Anlagenbedingt sind die von Sport- und Kinderspielflächen ausgehenden Geräuschimmissionen. Zwar werden diese überwiegend unmittelbar durch menschliches Verhalten verursacht. Jedoch ergeben sich die menschlichen Emissionen gerade aus der typischen Nutzung, für welche die Sportplätze etc. besonders hergerichtet sind, so dass ihnen die Emissionen zugerechnet werden kön-

---

<sup>17</sup> Vgl. etwa Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 3 Rn. 72, § 22 Rn. 6 ff.; Koch, in: ders./Scheuing/Pache (Hrsg.), GK-BImSchG, § 3 Rn. 304 ff., jew. m.w.N.

<sup>18</sup> Zur immissionschutzrechtlichen Beurteilung von Baustellenlärm Dietrich, NVwZ 2009, 144 ff.

<sup>19</sup> Vgl. BVerwGE 101, 157 (165); Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 22 Rn. 6 b.

<sup>20</sup> Der verhaltensbezogenen Lärmschutz ist nach der Föderalismusreform 2006 auch verfassungsrechtlich den Ländern vorbehalten, vgl. Art. 74 Abs. 1 Nr. 24 GG n.F. Insoweit ist allerdings str., ob für die Bestimmung des Verhaltensbezugs auf die hergebrachten immissionschutzrechtlichen Kriterien abzustellen ist. Vgl. hierzu einerseits Hansmann, NVwZ 2007, 17 (18 f.), andererseits Stettner, in: Dreier (Hrsg.), GG, Bd. 2, 2. Aufl., Supplementum 2007, Art. 74 Rn. 122. Instrukтив zur Problematik Sauer, NordÖR 2008, 480 (481 f.) m.w.N.

nen<sup>21</sup>. Auch kann von einem „Betrieb“ gesprochen werden, weil die Plätze laufend gepflegt und auf ihre Sicherheit kontrolliert, die Benutzung und der Spielbetrieb geregelt und die Ordnung aufrechterhalten werden müssen (vgl. auch die auf dieser ganz h.M. beruhende 18. BImSchV – Sportanlagenlärmschutz-VO). Das gleiche gilt für den Publikumlärm eines Fußballstadions oder die Gerüche einer Schweinemästerei.

## 2. Recht der genehmigungsbedürftigen Anlagen

Errichtung und Betrieb genehmigungsbedürftiger Anlagen sind in den §§ 4 ff. BImSchG geregelt.

### a) Genehmigungsbedürftigkeit

(1) Gemäß § 4 Abs. 1 BImSchG bedürfen der Genehmigung die Errichtung und der Betrieb

- von Anlagen (§ 3 Abs. 5 BImSchG), die aufgrund ihrer Beschaffenheit oder ihres Betriebs in besonderem Maße geeignet sind, schädliche Umwelteinwirkungen (§ 3 Abs. 1 BImSchG) hervorzurufen oder in anderer Weise die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft zu gefährden, erheblich zu benachteiligen oder erheblich zu belästigen sowie
- von ortsfesten Abfallentsorgungsanlagen zur Lagerung oder Behandlung von Abfällen.

Mit Ausnahme von Abfallentsorgungsanlagen gilt dies für nichtgewerbliche Anlagen, die nicht im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen Verwendung finden (kulturelle, religiöse oder pädagogische Einrichtungen, nach h.M. auch Anlagen der Bundeswehr und der Polizei) nur, wenn sie in besonderem Maße geeignet sind, schädliche Umwelteinwirkungen speziell durch Luftverunreinigungen (§ 3 Abs. 4 BImSchG) oder Geräusche hervorzurufen. Diese Einschränkung erklärt sich daraus, dass der Bund – auch nach der Föderalismusreform – nicht über eine umfassende Kompetenz für die Regelung des Immissionsschutzes verfügt (vgl. für den vorliegenden Zusammenhang Art. 74 Abs. 1 Nr. 24 u. 11 GG).

(2) Die genehmigungsbedürftigen Anlagen sind abschließend aufgeführt im *Anhang der 4. BImSchV*, die auf der Grundlage von § 4 Abs. 1 S. 3 BImSchG erlassen wurde. Einer Subsumtion unter die in § 4 Abs. 1 S. 1 u. 2 BImSchG normierten Voraussetzungen der Genehmigungspflicht bedarf es im Einzelfall daher nicht. Der Anhang der 4. BImSchV untergliedert sich in zwei Spalten. Gemäß § 2 Abs. 1 der 4. BImSchV werden die in Spalte 1 aufgeführten Anlagen im förmlichen Genehmigungsverfahren nach § 10 BImSchG zugelassen, die Anlagen der Spalte 2 unterliegen grundsätzlich dem vereinfachten Genehmigungsverfahren nach § 19 BImSchG<sup>22</sup>.

### b) Genehmigungsvoraussetzungen

#### aa) Überblick

Die Genehmigungsvoraussetzungen ergeben sich aus **§ 6 BImSchG**. Danach ist die Genehmigung zu erteilen, wenn

- sichergestellt ist, dass die sich aus § 5 BImSchG und einer aufgrund des § 7 BImSchG erlassenen Rechtsverordnung ergebenden Pflichten erfüllt werden (Nr. 1) und

---

<sup>21</sup> Wichtig: Zugerechnet werden aber eben auch nur die typischerweise beim Betrieb der Anlage auftretenden Emissionen (Bsp. Volleyballplatz: Ballaufprall, Geschrei der Spieler und Zuschauer; auch bei Nutzung außerhalb festgelegter Spielzeiten). Dieser innere Zusammenhang fehlt bei einer missbräuchlichen Nutzung, wenn sich darin nicht eine mit der Anlage geschaffene besondere Gefahrenlage realisiert (Bsp: Jugendliche nutzen den Volleyballplatz als Freizeittreff). Vgl. hierzu auch *Roßnagel*, in: Koch/Scheuing (Hrsg.), GK BImSchG, Stand: Dez. 2006, § 22 Rn. 20 m.w.N.

<sup>22</sup> Mehr hierzu unten III.2.c), S. 25.

- andere öffentlich-rechtliche Vorschriften und Belange des Arbeitsschutzes der Errichtung und dem Betrieb der Anlage nicht entgegenstehen (Nr. 2).

Dabei handelt es sich nach h.M. um eine gebundene Entscheidung (präventives Verbot mit Erlaubnisvorbehalt).

## **bb) Betreiberpflichten**

§ 6 Abs. 1 Nr. 1 BImSchG macht die Einhaltung der sog. Betreiber- bzw. Grundpflichten des § 5 BImSchG und der diese Pflichten konkretisierenden Rechtsverordnungen nach § 7 BImSchG zur Genehmigungsvoraussetzung.

Betreiberpflichten sind:

- die Schutz- bzw. Abwehrpflicht (§ 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 BImSchG),
- die Vorsorgepflicht (§ 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 2, S. 2. u. 3 BImSchG),
- die Abfallvermeidungs- und -entsorgungspflicht (§ 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 3 BImSchG),
- die Pflicht zur sparsamen und effizienten Energieverwendung (§ 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 3, S. 4 BImSchG),
- die Nachsorgepflicht (§ 5 Abs. 3 BImSchG).

Sämtliche Betreiberpflichten dienen nach § 5 Abs. 1 S. 1 BImSchG der Gewährleistung eines hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt. Auf diese sog. Integrationsklausel soll im Folgenden ebenso näher eingegangen werden wie auf die einzelnen Betreiberpflichten.

Die Betreiberpflichten sind als **Dauerpflichten** ausgestaltet. Ihre Erfüllung ist deshalb nicht nur Genehmigungsvoraussetzung, sondern muss während des gesamten Betriebszeitraums und hinsichtlich der Nachsorgepflicht auch nach Betriebseinstellung sichergestellt sein. Da sich der Pflichteninhalt nach den jeweils aktuellen Umständen richtet, haben die Betreiberpflichten zudem einen **dynamischen Charakter**: Auf nachträgliche Verschlechterungen der Immissionssituation, auf wissenschaftliche Erkenntnisfortschritte, auf eine Fortentwicklung des Standes der Technik etc. muss der Betreiber reagieren. Die Behörde kann ihn hierzu durch nachträgliche Anordnungen nach § 17 BImSchG anhalten. Die Anlage und ihr Betrieb genießen deshalb nur einen eingeschränkten Bestandsschutz.

Pflichtenadressat ist der **Anlagenbetreiber**. Das ist diejenige natürliche oder juristische Person oder Personenvereinigung, die die Anlage in ihrem Namen, auf ihre Rechnung und in eigener Verantwortung führt<sup>23</sup>. Maßgeblich hierfür ist, wer unter Berücksichtigung sämtlicher konkreter rechtlicher, wirtschaftlicher und tatsächlicher Gegebenheiten den bestimmenden Einfluss auf Lage, Beschaffenheit und Betrieb der Anlage ausübt und deshalb über die für die Erfüllung umweltrechtlicher Pflichten relevanten Umstände entscheidet.

### **(1) Integrationsklausel**

Im Jahr 2001 ist der Betreiberpflichtenkatalog um die allgemeine Anforderung ergänzt worden, dass ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt gewährleistet werden soll. Dies dient – ebenso wie die zeitgleich erfolgte Erweiterung der Zweckbestimmung in § 1 Abs. 2 BImSchG und die Neudefinition des Standes der Technik in § 3 Abs. 6 BImSchG – der Umsetzung der IVU-Richtlinie mit ihrem auf einen integrierten Umweltschutz abzielenden Anlagenzulassungskonzept. Belastungsverlagerungen von einem in ein anderes Umweltmedium sollen vermieden werden. Geboten ist danach ein intermediärer Nutzenvergleich.

---

<sup>23</sup> BVerwGE 107, 299 (301); OVG Münster, ZUR 2009, 268 (269); Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 3 Rn. 81.

Die Integrationsklausel steuert die Auslegung der Betreiberpflichten, insb. der Vorsorgepflicht, normiert also keine eigenständige Verpflichtung auf ein hohes Schutzniveau. Nach der gesetzgeberischen Konzeption soll der integrative Ansatz vorrangig durch entsprechende untergesetzliche Konkretisierungen (vgl. §§ 7 Abs. 1 S. 2, 48 S. 2 BImSchG) sichergestellt werden. Soweit derartige Konkretisierungen fehlen oder ein atypischer Einzelfall vorliegt, ist unmittelbar auf die Integrationsklausel zurückzugreifen.

## **(2) Schutz- bzw. Abwehrpflicht, § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 BImSchG**

Der Schutzpflicht ist Genüge getan, wenn durch Errichtung und Betrieb der Anlage

- schädliche Umwelteinwirkungen (§ 3 Abs. 1 BImSchG) und
- sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen

nicht hervorgerufen werden können.

(1) Der Begriff der „schädlichen Umwelteinwirkungen“ wurde bereits erläutert<sup>24</sup>.

(2) „Sonstige“, also nicht durch Immissionen (arg. e contr. § 3 Abs. 1 BImSchG) hervorgerufene Gefahren etc. sind z.B. Feuer- und Explosionsgefahren, der Ausstoß wägbarer Stoffe (Steine, Anlagenteile, Flüssigkeiten etc.), Überflutungen, nicht über den Luftpfad bewirkte Gewässerverunreinigungen und gemäß § 3 Abs. 3 S. 1 BBodSchG nichtimmissionsbedingte schädliche Bodenveränderungen i.S.v. § 2 Abs. 3 BBodSchG. Es ist aber zu beachten, dass der Schutz vor sonstigen Gefahren etc. vielfach in anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften geregelt ist, die dann der immissionsschutzrechtlichen Schutzpflicht als *leges speciales* vorgehen und über § 6 Abs. 1 Nr. 2 BImSchG Eingang in die Genehmigungsentscheidung finden (Bsp.: Schutz vor Einsturz baulicher Anlagen nach Bauordnungsrecht)<sup>25</sup>.

(3) Die negativen Wirkungen dürfen „nicht hervorgerufen werden können.“

(a) Der Gesetzeswortlaut scheint zu bedeuten, dass jedes nur denkbare Risiko der Herbeiführung ausgeschlossen sein muss. Ein derartiges „Nullrisiko“ ist jedoch technisch nicht realisierbar; es zu fordern, würde faktisch ein Genehmigungsverbot bedeuten. Ein solches Ergebnis entspräche weder der Intention des Gesetzgebers noch wäre es mit den Grundrechten der Anlagenbetreiber vereinbar. Die h.M. deutet die Schutzpflicht deshalb entsprechend ihrer historischen Herkunft als **Gefahrenabwehrpflicht**. Die genannten negativen Wirkungen müssen (lediglich) mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen sein. Eine darüber hinausgehende Pflicht zur Risikominimierung – wie sie im Atomrecht für § 7 Abs. 2 Nr. 3 AtG anerkannt ist – gebietet die Schutzpflicht nach h.M. hingegen nicht. (Ein Risikominimierungsgebot im Rahmen des Verhältnismäßigen folgt nach h.M. aus der Vorsorgepflicht, die nach überwiegender Auffassung freilich – im Gegensatz zur Schutzpflicht – nicht drittschützend ist.)

Eine Ausweitung gegenüber der klassischen Gefahrenabwehrpflicht folgert aber auch die h.M. aus Gesetzeswortlaut („nicht hervorgerufen werden können“) und Entstehungsgeschichte: Die Schutzpflicht bezieht sich auch auf schädliche Umwelteinwirkungen etc. in der Zukunft und dient damit auch der *vorbeugenden Gefahrenabwehr*. Der Betreiber darf danach

---

<sup>24</sup> Oben II.2.b), S. 8 ff..

<sup>25</sup> Diese Unterscheidung ist von Bedeutung insb. im Rahmen von §§ 16 und 17 BImSchG: Immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftig ist eine Anlagenänderung nach § 16 Abs. 1 S. 1 BImSchG nur dann, wenn die damit einhergehenden nachteiligen Auswirkungen für die Prüfung nach § 6 Abs. 1 Nr. 1 BImSchG erheblich sein können. Eine nachträgliche Anordnung nach § 17 Abs. 1 S. 1 BImSchG kann nur ergehen zur Erfüllung spezifisch immissionsschutzrechtlicher Pflichten, nicht hingegen zur Durchsetzung der Pflichten nach § 6 Abs. 1 Nr. 2 BImSchG (siehe unten III.2.g)aa), Text zu Fn. 66).

nicht das Entstehen einer gefährlichen Situation dulden und erst dann eingreifen, wenn diese entstanden ist. Er muss vielmehr prognostisch mögliche Gefahren abschätzen und die gebotenen Maßnahmen so rechtzeitig treffen, dass die künftige Gefahr nicht entstehen kann. Begrenzt wird diese Pflicht nur dadurch, dass die künftige Gefahr – je nach zeitlicher Entfernung und Schadenspotential – mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit drohen muss.

(b) Die Schutzpflicht bezieht sich auf negative Wirkungen, die *durch* die Errichtung und den Betrieb der Anlage (mit hinreichender Wahrscheinlichkeit) verursacht werden. Gegenstand ist das gesamte Gefahrenpotential der Anlage. Damit sind zunächst unmittelbar anlagenbezogene, d.h. **betriebsbedingte Gefahren** erfasst, und zwar sowohl solche des Normalbetriebs als auch störfallbedingte. Die Schutzpflicht erfasst zudem **von außen ausgelöste Gefahren** (Bsp.: gefährliche Anlage in der Nachbarschaft; Hochwasser- oder Erdbebengefahr; Eingriffe Unbefugter; mangels hinreichender Wahrscheinlichkeit nicht: Kriegsgefahren; Flugzeugabstürze, es sei denn, die Anlage befindet sich im Einflugsektor eines Flughafens).

(c) Es genügt, wenn Anlagenerrichtung und -betrieb *mitursächlich* für die negativen Wirkungen sind. Für die schädlichen Umwelteinwirkungen folgt dies bereits aus dem Akzeptorbezug des Immissionsbegriffs, der eine quellenunabhängige Bewertung der Gesamtbelastung am Einwirkungsort gebietet<sup>26</sup>. Nichts anderes gilt für die sonstigen Gefahren, erheblichen Nachteile und erheblichen Belästigungen: Die volle Zurechnung einer (unteilbaren) Gefahr bei bloßer Mitverursachung entspricht einem allgemeinen Grundsatz des auf einen effektiven Güterschutz abzielenden Sicherheitsrechts<sup>27</sup>.

Umstritten ist, ob auch sehr geringe Zusatzbelastungsbeiträge als im Rechtssinne kausal für schädliche Umwelteinwirkungen anzusehen sind. Es fragt sich nämlich, ob für die – nach dem Vorgesagten ja grundsätzlich ausreichende – Mitursächlichkeit schon jegliche nachweisbare und einer Anlage konkret zuordenbare Immissionszusatzbelastung ausreicht (naturwissenschaftlicher Kausalitätsbegriff), oder ob eine Bagatellgrenze anzuerkennen ist, unterhalb derer ein Kausalbeitrag *im naturwissenschaftlichen Sinne* (Äquivalenztheorie) als irrelevant, weil *im Rechtssinne* nicht kausal zu bewerten ist (qualitativer Kausalitätsbegriff). Gegen eine derartige Irrelevanzbetrachtung wird vorgebracht, dass die Zulässigkeit einer Belastung quellenunabhängig allein nach ihren Auswirkungen für die betroffenen Rechtsgüter zu beurteilen sei (Akzeptorbezug), es daher für die Bewertung eines Immissionsbeitrages nicht auf dessen Höhe, sondern auf die Höhe der durch ihn mitverursachten Gesamtbelastung ankomme; würde nur dessen Höhe isoliert betrachtet und bewertet werden, bliebe das Summationsrisiko unberücksichtigt. Dagegen verweist die h.M., die sich für die Anerkennung einer Irrelevanzschwelle ausspricht, auf die Position des Anlagenbetreibers: Für diesen könne sich die Zurechnung der Gesamtimmissionsbelastung als große Härte erweisen, wenn er zu dieser nur einen sehr kleinen Teil beiträgt. Die Verweigerung der Genehmigung unter Hinweis auf die Mitverursachung schädlicher Umwelteinwirkungen sei eine Grundrechtsbeschränkung (Art. 12 Abs. 1 GG, ggf. Art. 14 Abs. 1 GG), die dem verfassungsrechtlichen Verhältnismäßigkeitsgrundsatz standhalten müsse. Daraus folge, dass trotz überhöhter Vorbelastung eine weitere Genehmigung nicht verweigert werden dürfe, wenn die zu erwartende Zusatzbelastung sehr gering (< 1 % des einschlägigen Grenzwerts) und das bedrohte Rechtsgut nicht von besonderem Gewicht sei. Einer gegebenenfalls drohenden Summation zahlreicher sehr geringer Einzelbeiträge zu einer die Schädlichkeitsschwelle überschreitenden Gesamtbelastung sei im Rahmen der Vorsorgepflicht in der Weise Rechnung zu tragen, dass kompensierende Emissionsminderungen an anderen Anlagen durchzuführen seien. (Vgl. insoweit auch die sog.

---

<sup>26</sup> Vgl. oben II.2.b)ee), S. 12.

<sup>27</sup> Vgl. hierzu etwa BVerwG, NVwZ 2006, 928 (929); VGH München, NVwZ-RR 2004, 97 (98).

Irrelevanzklauseln in Nr. 4.2.2 TA Luft und Nr. 3.2.1 Abs. 2 TA Lärm. Die in Nr. 4.2.2 TA Luft zugelassene 3%ige Grenzwertüberschreitung wird freilich auch unter Zugrundelegung eines qualitativen Kausalitätsbegriffs als zu hoch und deshalb gesetzeswidrig beurteilt.)

(4) Die Schutzpflicht wird durch **Immissions(grenz)werte** (sowie Verfahrensvorschriften zu ihrer Ermittlung) in Rechtsverordnungen (vgl. §§ 7 Abs. 1, 48 a BImSchG) und Verwaltungsvorschriften (vgl. § 48 BImSchG) konkretisiert.

(a) Für Luftverunreinigungen sind dies die TA Luft und – hinsichtlich der Umsetzung bindender Vorgaben der EG – die 22. BImSchV<sup>28</sup>, für Geräusche die TA Lärm<sup>29</sup>. Im Bereich der Störfälle wird die Schutzpflicht durch die 12. BImSchV (Störfall-VO) konkretisiert, insb. durch deren §§ 3 Abs. 1 u. 2, 4.

(b) Zur Bindungswirkung von **TA Luft und TA Lärm**:

Für die Gerichte stellt sich die Frage, ob sie bei der Entscheidungsfindung TA Luft und TA Lärm überhaupt heranziehen dürfen – oder gar müssen. TA Luft und TA Lärm sind auf Grundlage von § 48 BImSchG erlassene allgemeine Verwaltungsvorschriften. Die Gerichte sind bei der Kontrolle des Verwaltungshandelns an die Gesetze gebunden (Art. 20 Abs. 3, 97 Abs. 1 GG). Hierzu zählen nur Außenrechtssätze<sup>30</sup>, zu denen nach klassischer Rechtsquellenlehre Verwaltungsvorschriften nicht gehören. Diese sind vielmehr Innenrecht, durch das eine vorgesetzte Stelle das Verwaltungshandeln in einer bestimmten Weise steuert. Sie binden grundsätzlich nur die Bediensteten der Erlassbehörde sowie nachgeordnete Behörden. Verwaltungsvorschriften sind grundsätzlich Gegenstand und nicht Maßstab richterlicher Kontrolle<sup>31</sup>. Eine *mittelbare* Außenwirkung von Verwaltungsvorschriften über Art. 3 Abs. 1 GG ist für ermessenslenkende Verwaltungsvorschriften unter dem Gesichtspunkt der Selbstbindung der Verwaltung zwar anerkannt<sup>32</sup>, scheidet im vorliegenden Zusammenhang aber von vornherein aus. Denn hier geht es um die Konkretisierung eines unbestimmten Rechtsbegriffs („schädliche Umwelteinwirkungen“) ohne Beurteilungsspielraum<sup>33</sup>. Es besteht also kein (Ermessens- oder Beurteilungs-)Spielraum, innerhalb dessen sich die Behörde durch eine bestimmte Verwaltungspraxis selbst binden könnte. Ob Verwaltungsvorschriften auch *unmittelbare* – also ohne Vermittlung durch Art. 3 Abs. 1 GG – Außenwirkung entfalten können, wird kontrovers beurteilt<sup>34</sup>. Die h.M. erkennt TA Luft und TA Lärm über die klassische Innenwirkung hinaus auch eine begrenzte Außenwirkung zu.

Dies wurde ursprünglich u.a. vom BVerwG<sup>35</sup> damit begründet, dass es sich um *antizipierte Sachverständigengutachten* handle. Das in §§ 48, 51 BImSchG vorgeschriebene formalisierte Erlassverfahren biete die Gewähr für eine Berücksichtigung des aktuellen technischen Sachverstands und gewähre insoweit eine Richtigkeitsgarantie. Dieser Ansatz sieht sich aber dem berechtigten Einwand ausgesetzt, dass die Festlegung von Grenzwerten zugleich auch eine wertende bzw. politische Entscheidung ist, die nicht allein aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse getroffen werden kann (Was ist zumutbar?). Die Sachverständigen geben nur den

---

<sup>28</sup> Vgl. hierzu auch unten VI.2.c)bb)(2), S. 56.

<sup>29</sup> Vgl. hierzu bereits oben II.2.b)dd), S. 11.

<sup>30</sup> Unmittelbar anwendbares Gemeinschaftsrecht, Verfassungsrecht, förmliche Gesetze, Rechtsverordnungen, Satzungen, Gewohnheitsrecht.

<sup>31</sup> BVerfGE 78, 214 (227); BVerwGE 107, 338 (340).

<sup>32</sup> Hierzu etwa *Maurer*, AVwR, 16. Aufl. 2006, § 24 Rn. 21 ff. m.w.N.

<sup>33</sup> Vgl. BVerwGE 55, 250 (253 f.); *Jarass*, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 3 Rn. 22, § 5 Rn. 117.

<sup>34</sup> Überblickartig, mit zahlreichen Nachweisen, *Maurer*, AVwR, 16. Aufl. 2006, § 24 Rn. 25 ff.

<sup>35</sup> BVerwGE 55, 250 (256) – Voerde.

Rahmen für diese wertende Entscheidung vor. Zudem zeichnen sich die beteiligten Kreise gemäß § 51 BImSchG durch eine pluralistische, nicht lediglich an fachwissenschaftlichen Kriterien orientierte Zusammensetzung aus (Betroffene, beteiligte Wirtschaft). Im Übrigen darf sich ein Sachverständigengutachten nicht – wie TA Luft/Lärm – auf bloße Festlegungen beschränken, sondern ist, um nachvollziehbar zu sein, zu begründen.

Die heute h.M. begründet die Außenwirkung damit, dass § 48 BImSchG der Verwaltung einen Standardisierungsspielraum einräume (im Sinne eines abstrakt-generellen Pendant zum einzelfallbezogenen Beurteilungsspielraum; letzterer soll, wie gesagt, nach überwiegender Auffassung aber nicht bestehen) bzw. dass – so insb. das BVerwG<sup>36</sup> – § 48 BImSchG die Verwaltung zum Erlass **normkonkretisierender Verwaltungsvorschriften** ermächtige. Dafür spreche, dass es für den Erlass normaler, also rein innenrechtlicher Verwaltungsvorschriften keiner ausdrücklichen Ermächtigung bedurft hätte, weil sich die Befugnis dazu bereits aus Art. 84 Abs. 2 GG ergibt. Das Erlassverfahren sei zudem (besser als eine punktuelle gerichtliche Kontrolle) geeignet, Sachrichtigkeit zu gewährleisten (vgl. § 51 BImSchG).

Damit sind zugleich die allgemeinen **Voraussetzungen** benannt, unter denen das BVerwG Verwaltungsvorschriften ausnahmsweise normkonkretisierende (Außen-)Wirkung zuerkennt: Erforderlich sei eine hierauf gerichtete gesetzliche Ermächtigung (hier: § 48 BImSchG), die durch eine entsprechende Verfahrensgestaltung sichergestellte Berücksichtigung wissenschaftlich-technischen Sachverständs (hier: §§ 48, 51 BImSchG) sowie die Beachtung höher-rangiger Gebote<sup>37</sup>. Die Bindungswirkung reicht aber nur soweit, wie tatsächlich aktueller technischer Sachverstand in der Verwaltungsvorschrift zum Ausdruck kommt. Sie **entfällt** deshalb in atypischen Einzelfällen sowie bei Vorliegen neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse<sup>38</sup>.

Diese Rechtsprechung entspricht einem – vermeintlichen<sup>39</sup> – praktischen Bedürfnis nach Vereinfachung und Vereinheitlichung des Gesetzesvollzugs und bewirkt nicht zuletzt auch eine Entlastung der Gerichte, die in der Regel nicht mehr einzelfallbezogen die Schädlichkeit bestimmter Immissionen beurteilen müssen. Auf der anderen Seite werden unter dem Aspekt der Gewaltenteilung verfassungsrechtliche Einwände erhoben. Insbesondere stellt sich die Frage, ob nicht Art. 80 Abs. 1 GG entgegensteht, der eine administrative Rechtssetzung in Form der Rechtsverordnung vorsieht, diese aber an bestimmte einschränkende Voraussetzungen knüpft<sup>40</sup>.

---

<sup>36</sup> BVerwGE 110, 216 (218); 114, 342 (344); 129, 209 (211). Außerdem OVG Münster, NVwZ 1988, 173 (173); Schmidt/Kahl, Umweltrecht, 7. Aufl. 2006, § 3 Rn. 51 f.; Jarass, JuS 1999, 105 (109).

<sup>37</sup> Vgl. BVerwGE 107, 338 (341 f.); 110, 216 (219).

<sup>38</sup> BVerwGE 107, 338 (341); 110, 216 (219); 114, 342 (346).

<sup>39</sup> Zweifel an der praktischen Notwendigkeit der Konstruktion erscheinen jedenfalls dann angebracht, wenn die Verwaltung nicht auf den Erlass von Verwaltungsvorschriften angewiesen ist, weil entsprechende Rechtsverordnungsermächtigungen bestehen, wie das auch im Immissionsschutzrecht der Fall ist (§§ 7, 23 BImSchG). Das verbreitete Argument, Verwaltungsvorschriften könnten schneller geändert werden und seien deshalb das gegenüber der Rechtsverordnung flexiblere Instrument, ist durch gegenteilige Erfahrungen gerade bei der Novellierung von TA Luft und TA Lärm widerlegt.

<sup>40</sup> Bestimmte Ermächtigungsadressaten; Bestimmtheit der Ermächtigung nach Inhalt, Zweck und Ausmaß; Zitiiergebot. – Für Satzungen, die zum anerkannten außenrechtlichen Handlungsrepertoire der Verwaltung gehören, existiert zwar weder eine vergleichbare Bestimmung noch ist Art. 80 Abs. 1 GG insoweit analog anwendbar. Das daraus resultierende Manko an parlamentarischer Rückbindung exekutiver Normsetzung findet hier aber einen Ausgleich, wenn und weil die autonome Satzungsgebung auf einer besonderen demokratischen Legitimation durch die von ihr Betroffenen beruht und in ihrer Wirkung auf diese beschränkt bleibt, vgl. Möstl, in: Erichsen/Ehlers (Hrsg.), AVwR, 13. Aufl. 2005, § 18 Rn. 7 f. m.w.N.

(5) Die Schutzpflicht und ihre untergesetzlichen Konkretisierungen sind **drittschützend**. Ein Nachbar kann die Genehmigung also mit der Behauptung anfechten, Anlagenerrichtung oder -betrieb verstießen gegen § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 BImSchG. Dafür spricht der Gesetzeswortlaut, der ausdrücklich die aus der Allgemeinheit herausgehobene „Nachbarschaft“ erwähnt, vor allem aber die Tatsache, dass die Schutzpflicht (auch) dem Schutz von Individualrechtsgütern und –interessen zu dienen bestimmt ist. Auch im Polizeirecht, aus dem das Immissionsschutzrecht herrührt, ist die drittschützende Wirkung von Gefahrenabwehrvorschriften, soweit sie den Schutz individueller Rechtsgüter bezwecken, seit jeher anerkannt.

Der den Kreis der Klageberechtigten umschreibende **Nachbarbegriff** findet sich sowohl in § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 BImSchG als auch in der Legaldefinition der schädlichen Umwelteinwirkungen in § 3 Abs. 1 BImSchG. Mit der dort jeweils zu findenden Gegenüberstellung von Allgemeinheit und Nachbarschaft trifft das Gesetz die für die deutsche Systematik typische Unterscheidung zwischen Allgemeininteressen und Individualinteressen, an die auch die Regelung der Klagebefugnis in § 42 Abs. 2 VwGO anknüpft. Der Begriff der Nachbarschaft beschreibt ein qualifiziertes, den Einzelnen aus der Allgemeinheit heraushebendes Betroffensein in räumlicher und zeitlicher Hinsicht.

In *räumlicher* Hinsicht bestimmt sich die Nachbarschaft nach dem Einwirkungsbereich der Anlage. Das ist der Bereich, innerhalb dessen sich Immissionen einer bestimmten Anlage mit hinreichender Zuverlässigkeit zurechnen lassen.

In *zeitlicher* Hinsicht muss die Beziehung zum Einwirkungsbereich hinreichend dauerhaft sein. Das ist der Fall bei Eigentümern und Bewohnern der im Einwirkungsbereich gelegenen Grundstücke sowie bei dort arbeitenden Personen, nicht aber z.B. bei Spaziergängern, Urlaubern oder Kunden.

### **(3) Vorsorgepflicht, § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 2, S. 2 u. 3 BImSchG**

Errichtung und Betrieb genehmigungsbedürftiger Anlagen müssen so erfolgen, dass

- gegen schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen
- Vorsorge getroffen wird, insb. durch die dem Stand der Technik entsprechenden Maßnahmen.

Die Vorsorgepflicht bezieht sich also auf die gleichen negativen Wirkungen wie die Schutzpflicht. Im Gegensatz zu dieser zielt sie aber nicht (nur) auf die Abwehr der Gefahr des Eintritts dieser negativen Wirkungen. Vielmehr gebietet sie (darüber hinaus) „Vorsorge“.

(1) Was unter „Vorsorge“ zu verstehen, was also **Inhalt** der Vorsorgepflicht ist, gehört zu den strittigsten Fragen des Immissionsschutzrechts. Ihr Zweck wird zum einen – *risikobezogen* – gesehen in der Schaffung von Sicherheitsabständen unterhalb der Gefahrenschwelle<sup>41</sup>. Nach diesem Ansatz dient die Vorsorgepflicht der Reduzierung des Risikos, das nicht mehr als Gefahr erkannt oder bewertet wird. Vorsorgemaßnahmen sollen danach insb. einem Besorgnispotential Rechnung tragen, welches daraus resultiert, dass schädliche Wirkungen von Immissionen auf Grund von Unsicherheiten über Eigenschaften von Stoffen und Wirkungszusammenhänge nach dem aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisstand zwar möglich, aber nicht – wie für die Annahme einer Gefahr erforderlich – hinreichend wahrscheinlich sind. Außerdem kann nach dieser Deutung Summationseffekten begegnet werden. Nach einem anderen Ansatz dient die Vorsorge – *raumbezogen* – der Schaffung und Erhaltung von Freiräumen für künfti-

---

<sup>41</sup> Rengeling, Die immissionsschutzrechtliche Vorsorge, 1982, S. 63 ff.; ders., DVBl. 1982, 622 (626 f.); Breuer, Der Staat 20 (1981), 393 (412 f.); Ossenbühl, NVwZ 1986, 161 (163).



ge Emittenten einerseits (ressourcenökonomische Ausrichtung dieser sog. Freiraumthese) und sonstige konkurrierende Nutzungen (Siedlung, Erholung, Land- und Forstwirtschaft etc.) andererseits (ökologischer Ausrichtung)<sup>42</sup>. Eine dritte Ansicht kombiniert die vorgenannten Ansätze und deutet die Vorsorgepflicht als *multifunktionales* Gebot<sup>43</sup>. In diese Richtung tendiert auch die Rechtsprechung des BVerwG<sup>44</sup>.

Jedenfalls die auf Risikominimierung unterhalb der Gefahrenschwelle abzielende Funktion der Vorsorgepflicht kann heute als gesicherter Stand bezeichnet werden. Die Vorsorgepflicht kommt zudem im Hinblick auf weiträumige Schadstoffbelastungen zum Tragen, die einer einzelnen emittierenden Anlage nicht mehr mit hinreichender Sicherheit zugeordnet werden können und für die daher die Schutzpflicht nicht eingreift (Waldsterben).

(2) Art und Ausmaß der gebotenen Vorsorge bestimmen sich nach dem Prinzip der Verhältnismäßigkeit und – im Bereich der technischen Vorsorgemaßnahmen – nach dem Stand der Technik (vgl. insoweit § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 2 BImSchG).

(a) Als technische Maßnahmen kommen in Betracht Maßnahmen zur Emissionsbegrenzung (Bsp.: Abgasreinigungseinrichtungen, Kapselung von Anlagenteilen, Verwendung schadstoffarmer Brennstoffe) wie auch zur Immissionsbegrenzung (Bsp.: verbesserte Ableitung durch Schornsteine, Ableitung an anderer Stelle der Anlage). Nichttechnische Maßnahmen sind z.B. die Anlegung von Wäldern, die Errichtung von Schutzwällen und dgl.

(b) Die Vorsorgepflicht ist nicht grenzenlos, begründet keine unbegrenzte Minimierungspflicht, sondern besteht nur nach Maßgabe des *Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes*. Die Vorsorgemaßnahmen müssen nach Umfang und Ausmaß dem Risikopotential der Immissionen, die sie verhindern sollen, proportional sein. Entscheidend sind die Nähe zur Gefahrenschwelle, Summationsrisiken, wirtschaftlicher Aufwand, gegenwärtige und künftige räumliche Nutzung des Einwirkungsbereichs etc.

Keine Vorsorge muss getroffen werden hinsichtlich Beeinträchtigungen, deren Wahrscheinlichkeit jenseits der Schwelle praktischer Vernunft liegt und die deshalb dem unausweichlichen Restrisiko zuzuordnen sind.

(c) Für technische Maßnahmen beschreibt der *Stand der Technik* das gebotene Vorsorgeniveau. Die dem Stand der Technik entsprechenden Maßnahmen sind in der Regel auch verhältnismäßig. Im Einzelfall, insb. bei bestehenden Anlagen, kann der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit aber Abstriche erfordern.

§ 3 Abs. 6 S. 1 BImSchG definiert den Stand der Technik als den Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zur Begrenzung von Emissionen in Luft, Wasser und Boden, zur Gewährleistung der Anlagensicherheit, zur Gewährleistung einer umweltverträglichen Abfallentsorgung oder sonst zur Vermeidung oder Verminderung von Auswirkungen auf die Umwelt zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt gesichert erscheinen lässt. Nach § 3 Abs. 6 S. 2 BImSchG sind bei der Bestimmung des Standes der Technik insb. die im Anhang zum BImSchG aufgeführten Kriterien zu berücksichtigen.

---

<sup>42</sup> Kutscheidt, in: Landmann/Rohmer, Umweltrecht, Bd. I, Stand: 1.4.2004, § 1 BImSchG Rn. 7; Feldhaus, DVBl. 1980, 133 (135); Martens, DVBl. 1981, 597 (602 f.); Sellner, NJW 1980, 1255 (1257).

<sup>43</sup> Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 5 Rn. 47; Schmidt/Kahl, Umweltrecht, 7. Aufl. 2006, § 3 Rn. 54; Sendler, UPR 1983, 33 (43); Sparwasser/Engel/Voßkuhle, Umweltrecht, 5. Aufl. 2003, § 10 Rn. 155.

<sup>44</sup> Vgl. BVerwGE 65, 313 (320); 69, 37 (43 f.); BVerwG, NVwZ 1995, 994 (995).

Auch hier findet sich also wieder der integrative, medienübergreifende Ansatz der IVU-Richtlinie. Zum besseren Verständnis des geforderten Technikniveaus sollen nachfolgend kurz die unterschiedlichen Technikanforderungen des Umwelt- und Technikrechts skizziert werden.

#### (aa) Stand von Wissenschaft und Technik

Das höchste mögliche Anforderungsniveau wird durch den Stand von Wissenschaft und Technik markiert. Hier kommt es nicht nur auf die technische Machbarkeit, sondern darüber hinaus auf die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse an. Erkennt also die Wissenschaft Risiken, zu deren Vermeidung eine Technik noch nicht bereitsteht, so darf eine Genehmigung nicht erteilt werden (soweit es nicht lediglich um hinzunehmende Restrisiken geht, vgl. oben).

Bsp.: § 7 Abs. 2 S. 1 Nr. 3 AtG

#### (bb) Stand der Technik

Kennzeichnend für den Stand der Technik ist sein Bezug auf das technisch Machbare. Anders als nach dem „Stand von Wissenschaft und Technik“ sind Risiken also nur insoweit zu bekämpfen, als dies technisch möglich ist. Im Gegensatz zu den „anerkannten Regeln der Technik“ (s.u.) kommt es aber nicht auf eine praktische Erprobung der Techniken an. Es reicht vielmehr aus, dass die praktische Eignung gesichert erscheint (vgl. § 3 Abs. 6 S. 1 BImSchG). Damit sind auch neueste Verfahren und Einrichtungen zu berücksichtigen, die bereits erfolgreich erprobt wurden, auch wenn sie noch keinen Eingang in die alltägliche Praxis gefunden haben. Technik, die sich noch im Versuchsstadium befindet, muss allerdings nicht berücksichtigt werden.

Bsp.: § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 2 BImSchG, § 7a WHG

#### (cc) Anerkannte Regeln der Technik

Das geringste Anforderungsniveau wird durch die (allgemein) anerkannten Regeln der Technik beschrieben. Darunter werden diejenigen Regeln verstanden, die in der Fachpraxis erprobt und bewährt sind und nach der vorherrschenden Meinung der Fachleute den sicherheitsrechtlichen Anforderungen entsprechen.

Bsp.: § 19g Abs. 3 WHG

(d) Eine Konkretisierung und inhaltliche Begrenzung der Vorsorgepflicht ist in § 5 Abs. 1 S. 2 u. 3 BImSchG normiert. Bei Anlagen, die dem Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz (TEHG) unterfallen, sind zur Erfüllung der Vorsorgepflicht im Hinblick auf Treibhausgase die Anforderungen der §§ 5 und 6 Abs. 1 TEHG einzuhalten. Weitergehende Vorsorgeanforderungen können gemäß § 5 Abs. 1 S. 3 BImSchG nicht festgelegt werden.

Sinn dieser Bestimmungen ist es, im Bereich der Treibhausgasemissionen das Ordnungsrecht zugunsten des marktwirtschaftlichen Instruments des Emissionshandels zurücktreten zu lassen, um auf diese Weise eine möglichst kosteneffiziente Reduktion zu erreichen<sup>45</sup>. Derzeit erfasst das TEHG nur ein Treibhausgas, nämlich Kohlendioxid (vgl. § 2 Abs. 1 S. 1 TEHG i.V.m. Anhang 1). Für andere Treibhausgase (Methan, Distickstoffoxid, Fluorkohlenwasserstoffe, perfluorierte Kohlenwasserstoffe, Schwefelhexafluorid) bleibt es daher bei den allgemeinen Vorsorgeanforderungen nach § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 2 BImSchG.

Welche Anlagen den TEHG unterfallen, ergibt sich aus dessen § 2 i.V.m. dem Anhang 1 zum TEHG. Die Erfüllung der immissionsschutzrechtlichen Vorsorgepflicht erfolgt bei diesen

---

<sup>45</sup> Kurzer Überblick über das System des Emissionszertifikatehandels bei *Schmidt/Kahl*, Umweltrecht, 7. Aufl. 2006, § 3 Rn. 148 ff.

Anlagen durch Erfüllung der Pflichten nach §§ 5, 6 Abs. 1 TEHG, also durch die Teilnahme am Emissionshandel. § 5 TEHG verpflichtet den Anlagenbetreiber zur jährlichen Erstellung eines Emissionsberichts, in dem er die im vorausgegangenen Kalenderjahr verursachten Treibhausgasemissionen gegenüber der zuständigen Behörde zu dokumentieren hat. Nach § 6 Abs. 1 TEHG hat der Anlagenbetreiber bis zum 30. April eines Jahres eine Anzahl von Emissionsberechtigungen an die zuständige Behörde abzugeben, die den durch seine Tätigkeit im vorangegangenen Kalenderjahr verursachten Emissionen entspricht.

(3) Die Vorsorgepflicht wird durch **Emissionsgrenzwerte** (sowie Verfahrensvorschriften zu ihrer Ermittlung) in Rechtsverordnungen (vgl. §§ 7 Abs. 1, 48 a BImSchG) und Verwaltungsvorschriften (vgl. § 48 BImSchG) konkretisiert.

Für Luftverunreinigungen sind dies die 13. BImSchV (Großfeuerungsanlagen-VO), die 17. BImSchV (Abfallverbrennungs-VO), die 30. BImSchV (Abfallbehandlungsanlagen-VO) sowie die TA Luft. Für Geräusche enthält die TA Lärm in Nr. 3.3 nur eine sehr allgemein gehaltene Konkretisierung.

(4) Die Vorsorgepflicht und die sie konkretisierenden Emissionsgrenzwerte sind **nach h.M. nicht drittschützend**.

Zur Begründung wird darauf verwiesen, dass in § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 2 BImSchG ein ausdrücklicher Hinweis auf die Nachbarschaft, wie er in der Nr. 1 für die Schutzpflicht besteht, fehle. Im Hinblick auf die risikominimierende Variante der Vorsorgepflicht wird zudem geltend gemacht, durch die Schutzpflicht seien die Individualinteressen Dritter ausreichend geschützt, Vorsorge unterhalb der Schädlichkeitsschwelle richte sich nur gegen hypothetische Gefahren und diene daher nur der Reduzierung eines Kollektivrisikos. Risikovorsorge erfolge im Allgemeininteresse und nicht deshalb, um an sich zumutbare Lebensverhältnisse für die Nachbarn risikoloser und angenehmer zu machen. Auch für ein ressourcenökonomisches oder ökologisches Verständnis der Vorsorge (Freiraumthese) wird Drittschutz abgelehnt, weil es auch insoweit nicht um die Belange individualisierbarer Dritter gehe.

Eine im Vordringen befindliche Gegenauffassung erkennt demgegenüber der risikominimierenden Vorsorge drittschützende Wirkung zu. Dem ist zuzustimmen:

- Das Wortlautargument ist keineswegs zwingend, weil die Nachbarschaft jedenfalls in § 3 Abs. 1 BImSchG erwähnt ist, der durch § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 2 BImSchG in Bezug genommen ist.
- Es überzeugt nicht, dass die Risikominimierung unterhalb der Schädlichkeitsschwelle nur im Allgemeininteresse erfolge. Jede derartige Risikominimierung kommt nicht nur der Allgemeinheit, sondern in gleichem Maße auch den Nachbarn der Anlage zugute. Insoweit dient auch die Vorsorgepflicht in ihrer risikominimierenden Variante dem Ausgleich konkurrierender nachbarlicher Interessen und ist eine Schutznorm im Sinne der Schutznormtheorie.
- Angesichts des fließenden Übergangs zwischen Gefahr und (bloßem) Risiko ist die von der h.M. angenommene Dichotomie von drittschützender Schutzpflicht und rein objektivrechtlicher (Risiko-)Vorsorge wenig überzeugend. Die Grenzlinie ist zwar mit dem die Gefahr definierenden Erfordernis einer hinreichenden Schadenswahrscheinlichkeit (bzw. Wahrscheinlichkeit erheblicher Nachteile/Belästigungen) bei ungehindertem Geschehensablauf abstrakt klar umschrieben. Im konkreten Einzelfall bestehen dann aber bei der Bestimmung der Gefahrenschwelle nicht selten erhebliche Schwierigkeiten. Diese resultieren zum einen aus den mit der erforderlichen Schadensprognose zwangsläufig verbundenen Unsicherheiten, die sich sowohl auf den der Prognose zugrunde liegenden Sachverhalt, den gedachten Kausalverlauf als auch die Eintrittswahrscheinlichkeit beziehen können. Zum anderen stellt sich die schwierige Wertungsfrage, wann eine solchermaßen durch mehrschichtige Abschätzun-

gen ermittelte Schadenswahrscheinlichkeit eine „hinreichende“ im Sinne des Gefahrenbegriffs ist. Angesichts dieser Schwierigkeiten verwischt sich aber die abstrakt klare Grenzlinie zu einem fließenden Übergang.

- Dem Europarecht ist die Unterscheidung zwischen (drittschützender) Gefahrenabwehr und (nicht drittschützender) Vorsorge fremd. Der EuGH geht davon aus, dass Richtlinien mit konkreten Umweltstandards auch Individualschutz vermitteln<sup>46</sup>. Deshalb muss jedenfalls dort, wo diese Umweltstandards durchgesetzt und damit nach deutschem Verständnis Vorsorge betrieben wird (wenn und weil die Standards unterhalb der Gefahrenschwelle anzusiedeln sind), der Vorsorgepflicht individual- und damit drittschützende Wirkung zuerkannt werden.

Zustimmung verdient die h.M. nur insoweit, als sie der Vorsorge zwecks Ressourcenschonung drittschützende Wirkung abspricht. Insoweit fehlt es in der Tat an einem hinreichenden Individualbezug. Gleiches wird in Bezug auf Vorsorgemaßnahmen zu gelten haben, die sich gegen die weiträumige Verteilung von Luftschadstoffen richten und somit lediglich den Schutz der Allgemeinheit bzw. eines nicht individualisierbaren Personenkreises außerhalb des überschaubaren Einwirkungsbereichs der Anlage zum Gegenstand haben.

#### **(4) Abfallvermeidungs- und –entsorgungspflicht, § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 3 BImSchG**

Die Pflicht ist maßgeblich für die Entsorgung der Stoffe, die beim Betrieb einer immissionschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlage anfallen, im Anlagenbetrieb aber nicht mehr gebraucht werden (sog. Reststoffe, d.h. Produktionsabfall). Kennzeichnend ist die europarechtlich vorgegebene Hierarchie der abfallrechtlichen Pflichten (abfallrechtliche Pflichten-trias: Vermeidung – Verwertung – Beseitigung). Der im BImSchG verwendete Abfallbegriff entspricht dem des KrW-/AbfG.

#### **(5) Pflicht zur sparsamen und effizienten Energieverwendung, § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 3, S. 4 BImSchG**

Die Pflicht bezweckt die Senkung des Primärenergieverbrauchs, was auch dem Klimaschutz dient. Zudem sollen Umweltbelastungen i.S.d. Vorsorge vermindert werden. § 5 Abs. 1 S. 4 BImSchG enthält eine den Sätzen 2 und 3 vergleichbare Vorrangregelung zugunsten des TEHG.

#### **(6) Nachsorgepflicht, § 5 Abs. 3 BImSchG**

Die Nachsorgepflicht bezieht sich auf die Zeit nach einer – gemäß § 15 Abs. 3 BImSchG der zuständigen Behörde unverzüglich anzuzeigenden – Betriebseinstellung.

Die Pflicht entsteht freilich bereits ab Errichtung der Anlage, so dass diesbezügliche Auflagen bereits der Genehmigung beigelegt werden können. Soweit sich – wie regelmäßig – der konkrete Gehalt der Pflichten in der Nachbetriebsphase im Zeitpunkt der Genehmigungsentscheidung noch nicht abschätzen lässt, hat eine Konkretisierung durch nachträgliche Anordnungen gemäß § 17 Abs. 1, 4a BImSchG zu erfolgen. Deren Erlass ist bis zum Ablauf eines Jahres nach vollständiger Einstellung des Betriebs zulässig (§ 17 Abs. 4a S. 2 BImSchG).

§ 5 Abs. 3 Nr. 1 BImSchG ist drittschützend zugunsten der Nachbarn, die von den nachträglichen Gefahren beeinträchtigt werden.

#### **cc) Andere öffentlich-rechtliche Vorschriften und Belange des Arbeitsschutzes**

Nach § 6 Abs. 1 Nr. 2 BImSchG dürfen der Genehmigungserteilung andere öffentlich-rechtliche Vorschriften und Belange des Arbeitsschutzes nicht entgegenstehen.

---

<sup>46</sup> Vgl. hierzu auch unten VI.3.a), S. 57 m.N.

Zu den anderen, d.h. nicht von Abs. 1 Nr. 1 erfassten öffentlich-rechtlichen Vorschriften zählen insb. solche des Abfall-, Bauordnungs-, Bauplanungs-, Boden-, Wasser-, Gewerbe-, Straßen- und Naturschutzrechts. Zu beachten ist, dass nach h.M. keine Beschränkung des Prüfungsmaßstabes insoweit erfolgt, als § 13 BImSchG Ausnahmen von der Konzentrationswirkung der Genehmigung<sup>47</sup> vorsieht<sup>48</sup>. Die materiellen Voraussetzungen von Genehmigungen und Zulassungen, die nicht von der Konzentrationswirkung des § 13 BImSchG erfasst werden, sind danach Genehmigungsvoraussetzungen, gehören aber nicht zum Regelungsgegenstand. Die immissionsschutzrechtliche Genehmigung entfaltet insoweit keine Bindungswirkung für nachfolgende Zulassungsverfahren, denen auch Einzelheiten, wie etwa die Erforderlichkeit von Nebenbestimmungen, sollen überlassen bleiben können. Dies betrifft insb. die Vorschriften über die Gewässerbenutzung (§§ 6, 7 a, 26, 34 WHG).

Belange des Arbeitsschutzes ergeben sich aus Arbeitsschutzvorschriften wie etwa dem Arbeitsschutzgesetz, der Arbeitsstättenverordnung oder Rechtsverordnungen gemäß § 11 Gerätesicherheitsgesetz (jetzt: § 14 Geräte- und Produktsicherheitsgesetz) für überwachungsbedürftige Anlagen.

### **c) Genehmigungsverfahren**

#### **aa) Verfahrensarten**

Die Genehmigungserteilung erfolgt entweder im förmlichen Verfahren nach § 10 BImSchG oder im vereinfachten Verfahren nach § 19 BImSchG. Welches der beiden Verfahren zur Anwendung gelangt, bestimmt sich nach § 2 Abs. 1 der 4. BImSchV und deren zweispaltigem Anhang.

Danach unterfallen dem förmlichen Genehmigungsverfahren:

- in Spalte 1 des Anhangs genannte Anlagen,
- aus Spalte 1- und Spalte 2-Anlagen zusammengesetzte Anlagen,
- UVP-pflichtige Spalte 2-Anlagen.

Sonstige in Spalte 2 genannte Anlagen werden im vereinfachten Verfahren genehmigt.

Die Unterwerfung der UVP-pflichtigen Spalte 2-Anlagen unter das förmliche Genehmigungsverfahren findet ihren Grund darin, dass damit ein geeignetes Trägerverfahren für die – einen unselbständigen Bestandteil des Zulassungsverfahrens bildende (vgl. § 2 Abs. 1 S. 1 UVPG, § 1 Abs. 2 S. 1 der 9. BImSchV) – UVP zur Verfügung gestellt wird.

#### **bb) Förmliches Genehmigungsverfahren nach § 10 BImSchG**

Das förmliche Genehmigungsverfahren ist in § 10 BImSchG i.V.m. der auf Grundlage von § 10 Abs. 10 BImSchG ergangenen 9. BImSchV geregelt.

##### **(1) Verfahrensablauf**

Der Ablauf des Verfahrens gestaltet sich wie folgt:

- *Antragstellung* (§ 10 Abs. 1, 2 BImSchG, §§ 2-7 der 9. BImSchV), ggf. nach vorherigen Vorberatungen (§§ 2 Abs. 2, 2 a Abs. 1 der 9. BImSchV)
- *öffentliche Bekanntmachung* des Vorhabens (§ 10 Abs. 3 S. 1, Abs. 4 BImSchG, §§ 8, 9 der 9. BImSchV)

---

<sup>47</sup> Dazu unten III.2.d)bb), S. 31.

<sup>48</sup> Vgl. Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 6 Rn. 11 m.w.N.

- *Behördenbeteiligung* und -koordination (§ 10 Abs. 5 BImSchG, §§ 11, 11a der 9. BImSchV)
- *Öffentlichkeitsbeteiligung* durch
  - Auslegung der Antragsunterlagen (§ 10 Abs. 3 S. 2 BImSchG, § 10 der 9. BImSchV)
  - Entgegennahme von Einwendungen (§ 10 Abs. 3 S. 4 BImSchG, § 12 der 9. BImSchV)
- *Erörterung* der erhobenen Einwendungen (§ 10 Abs. 6 BImSchG, §§ 14-19 der 9. BImSchV)
- ggf. *Umweltverträglichkeitsprüfung* (UVP-Pflicht: §§ 3-3 f UVPG i.V.m. Nr. 1 der Anlage zum UVPG; Verfahren der UVP: §§ 1 Abs. 2, Abs. 3, 1 a, 2 a, 4 e, 11 a, 20 Abs. 1 a, Abs. 1 b, Abs. 3 S. 2, 21 Abs. 1 Nr. 5, 22 Abs. 3, 23 Abs. 2 Nr. 5, 23 a der 9. BImSchV)
- *Entscheidung* und Zustellung an Antragsteller und Einwender (§ 10 Abs. 6a, 7 BImSchG, §§ 20 f. der 9. BImSchV) sowie öffentliche Bekanntmachung (über § 10 Abs. 8 BImSchG hinaus gemäß § 21a S. 1 der 9. BImSchV in allen Verfahren mit Öffentlichkeitsbeteiligung = Umsetzung IVU-RL)

## (2) Öffentlichkeitsbeteiligung und Präklusion

(1) Gemäß § 10 Abs. 3 S. 2 BImSchG sind die Antragsunterlagen für die Dauer eines Monats ab der Bekanntmachung nach S. 1 öffentlich auszulegen. Bis zwei Wochen nach Ablauf der Auslegungsfrist können schriftliche Einwendungen gegen das Vorhaben erhoben werden, § 10 Abs. 3 S. 4 BImSchG.

Hinsichtlich der Rechtsstellung der Einwender ist zu unterscheiden:

- Die Einwendungsbefugnis, also das Recht zur Erhebung von Einwendungen, steht jedermann zu. Auf eine subjektive (Rechts- oder Interessen-)Betroffenheit kommt es also nicht an<sup>49</sup>.
- Drittschutz vermittelt § 10 Abs. 3 BImSchG nur denjenigen, die durch die Genehmigungsentscheidung in einem materiellen subjektiven Recht beeinträchtigt sind (sog. relatives Verfahrensrecht). Dies folgt aus der von der h.M. postulierten (nur) dienenden Funktion der Verfahrensvorschriften: Ihr Zweck besteht in der Sicherung materieller Rechte, insb. der Grundrechte (Stichwort: Grundrechtsschutz durch Verfahren).

### *Exkurs: Rechtsschutz bei Verfahrensfehlern*

(1) Die Klagebefugnis nach § 42 Abs. 2 VwGO kann sich unter gewissen Voraussetzungen auch aus einer (möglichen) Verletzung von Verfahrensvorschriften ergeben. Das ist nach der Schutznormtheorie dann der Fall, wenn die Verfahrensvorschrift zumindest auch den individuellen Interessen des Klägers zu dienen bestimmt ist. Nach der Rechtsprechung des BVerwG sind dabei zwei Arten potentiell klagebegründender Verfahrensrechte zu unterscheiden:

Sog. *absolute Verfahrensrechte* sind vom materiellen Recht unabhängige, selbständig durchsetzbare verfahrensrechtliche Rechtspositionen. Allein ihre (mögliche) Verletzung begründet die Klagebefugnis. § 44a VwGO findet keine Anwendung. Beispiele für ein absolutes Verfahrensrecht sind das Einvernehmenserfordernis nach § 36 BauGB sowie die unmittelbar aus Art. 28 Abs. 2 GG abgeleiteten Beteiligungsrechte der Gemeinden im luftverkehrsrechtlichen Genehmigungsverfahren<sup>50</sup>, bei der Festsetzung von Lärmschutzbereichen durch Rechtsverordnung nach dem Fluglärmschutzgesetz<sup>51</sup> und bei der Festlegung landesplanerischer Vorrangstandorte<sup>52</sup>. Bisher zählte

<sup>49</sup> Vgl. demgegenüber § 73 Abs. 4 S. 1 VwVfG, der die Einwendungsbefugnis im Planfeststellungsverfahren an das (mögliche) Berührtsein eigener Belange knüpft.

<sup>50</sup> BVerwGE 56, 11 (37); 81, 95 (106).

<sup>51</sup> BVerfGE 56, 298 ff.

hierzu ferner das Beteiligungsrecht der Naturschutzvereine nach § 29 BNatSchG a.F. (§ 58 BNatSchG n.F.). Inzwischen verneint das BVerwG jedoch den Charakter des Beteiligungsrechts als eines absoluten Verfahrensrechts, wenn und weil dem Naturschutzverein die Möglichkeit einer Verbandsklage (vgl. etwa § 61 BNatSchG) eröffnet ist<sup>53</sup>.

Sog. *relative Verfahrensrechte* können die Klagebefugnis nicht unabhängig von, sondern nur zusammen mit einer materiellen Rechtsbetroffenheit des Klägers begründen. Sie vermitteln Drittschutz nur im Hinblick auf die bestmögliche Verwirklichung einer materiellen Rechtsposition. Das folgert das BVerwG aus der angeblich nur dienenden Funktion des Verfahrensrechts. Deshalb muss sich für die Klagebefugnis aus dem Vortrag des Klägers ergeben, dass sich der Verfahrensfehler auf seine materiellrechtliche Position ausgewirkt haben könnte, d.h. der Kläger muss ohnehin auch eine mögliche materielle Rechtsbetroffenheit dartun. Die eigentliche praktische Bedeutung dieser relativen Verfahrensrechte ist daher prozessual darin zu sehen, dass sie die Substantiierungslast hinsichtlich der Behauptung materiell-rechtlicher Betroffenheit reduzieren: Liegt ein Verstoß gegen ein relatives Verfahrensrecht vor, sind an das Klagevorbringen, soweit es um die Rechtsbetroffenheit geht, nur geringe Anforderungen zu stellen. Die Rechtsprechung hat die Beteiligungsvorschriften des Atomverfahrensrechts sowie § 10 Abs. 3 BImSchG als drittschützend im Sinne relativer Verfahrensrechte anerkannt.

(2) Was die Begründetheit der Klage angeht, führt die Verletzung eines absoluten Verfahrensrechts stets – also unabhängig von einer materiell-rechtlichen Betroffenheit und auch entgegen § 46 VwVfG – zur Aufhebung der Verwaltungsentscheidung.

Die Verletzung relativer Verfahrensrechte führt demgegenüber nach h.M. nur dann zur Aufhebung des Verwaltungsakts, wenn nach den Umständen des Einzelfalls die konkrete Möglichkeit besteht, dass die Behörde ohne den Verfahrensverstoß anders entschieden hätte. Nur in diesem Fall liegt eine Rechtsverletzung i.S.v. § 113 VwGO vor. Das – über § 46 VwVfG hinausgehende – Kriterium der „konkreten Kausalität“ folgert die Rechtsprechung aus der behaupteten nur dienenden Funktion des Verfahrensrechts.

Ob diese restriktive Sichtweise auch bei der Anwendung von europarechtlich determiniertem Verfahrensrecht (wie etwa dem UVP-Recht) aufrechterhalten werden kann, erscheint vor dem Hintergrund des gemeinschaftsrechtlichen Effektivitätsgebots fraglich. Neuere Entscheidungen des EuGH<sup>54</sup> deuten in eine andere Richtung. Die deutsche Rechtsprechung hierzu gerät langsam in Bewegung<sup>55</sup>.

#### *Ende des Exkurses*

(2) Gemäß § 10 Abs. 3 S. 5 BImSchG sind mit Ablauf der Einwendungsfrist alle Einwendungen ausgeschlossen, die nicht auf besonderen privatrechtlichen Titeln beruhen.

(a) Diese **Einwendungspräklusion** wirkt sowohl formell als auch materiell:

*Formelle Präklusion* bedeutet, dass der Einwender im weiteren Verwaltungsverfahren mit seinem Vorbringen ausgeschlossen ist, er also keinen Anspruch mehr hat, seine Bedenken im Erörterungstermin zu erläutern. Der Umfang der Amtsermittlungspflicht gemäß § 24 Abs. 1 LVwVfG bleibt hiervon allerdings unberührt. Insoweit sind auch verspätete, namentlich die im Interesse der Allgemeinheit vorgebrachten Einwendungen bei der Prüfung der Genehmigungsvoraussetzungen zu berücksichtigen.

---

<sup>52</sup> BVerfGE 76, 107 ff.

<sup>53</sup> BVerwG, NVwZ 2002, 1103 (1105); BVerwGE 121, 72 (76). Ebenso für den Fall des Bestehens einer altruistischen Vereinsklage nach Landesrecht zuvor bereits BVerwGE 107, 1 (5); Nds. OVG, NVwZ-RR 2001, 362 (363 f.). Zustimmend *Gassner*, in: ders./Bendornir-Kahlo/Schmidt-Räntsch, BNatSchG, 2. Aufl. 2003, § 58 Rn. 23; *Gellermann*, NVwZ 2002, 1025 (1033). Ablehnend *Murswiek*, Die Verwaltung 38 (2005), 243 (277 ff.).

<sup>54</sup> EuGH, Urt. v. 7. 1. 2004, Rs. C-201/02, Slg. 2004, I-723 – Wells; Urt. v. 16. 9. 1999, Rs. C-435/97, Slg. 1999, I-5613 – Bozen (beide zur UVP-RL).

<sup>55</sup> Vgl. etwa OVG Koblenz, ZUR 2005, 246 ff.; OVG Münster, ZUR 2006, 375 ff. m. Anm. *Schlacke*, ZUR 2006, 360 ff. – Beachte nunmehr auch § 4 Abs. 1 Umwelt-Rechtsbehelfsgesetz (UmwRBHG), wonach die Aufhebung einer Entscheidung über die Zulässigkeit eines (möglicherweise) UVP-pflichtigen Vorhabens verlangt werden kann, wenn eine erforderliche UVP oder eine erforderliche Vorprüfung des Einzelfalls nicht durchgeführt worden ist. Siehe hierzu auch *Schlacke*, NuR 2007, 1 (13), sowie *Ziekow*, NVwZ 2007, 259 (261).

*Materielle Präklusion* bedeutet, dass auch eine spätere verwaltungsgerichtliche Klage nicht mehr auf die der unterlassenen bzw. verspäteten Einwendung zugrunde liegenden Umstände gestützt werden kann. Insoweit fehlt es an der Klagebefugnis, jedenfalls aber ist die Klage unbegründet.

Die materielle Präklusion ist nach h.M. mit der Rechtsschutzgarantie des Art. 19 Abs. 4 GG vereinbar, da den Dritten eine Mitwirkungslast im Genehmigungsverfahren trifft, der er nicht nachgekommen ist, und da die Vorverlagerung eines Teils des Rechtsschutzes in das Verwaltungsverfahren aus Effizienzgründen zulässig ist<sup>56</sup>. Art 19 Abs. 4 GG setzt der materiellen Präklusion allerdings enge Grenzen. So greift sie nicht, wenn:

- Fehler bei der Bekanntmachung und Auslegung der Unterlagen vorlagen und diese Fehler möglicherweise zu einer Behinderung des Einwenders geführt haben,
- aufgrund der Unterlagen Einwendungen nicht vorgebracht werden konnten (Unvollständigkeit; Unverständlichkeit für durchschnittlichen, nicht sachverständigen Bürger; von den Unterlagen abweichende Entscheidung),
- nachträglich neue Tatsachen vorliegen (äußere Situation, Rechtslage, Veränderungen des Standes der Technik),
- die Betroffeneneneigenschaft erst nachträglich eintrat (z.B. durch Zuzug), es sei denn, das betroffene Recht wurde von jemandem erworben, der der Präklusion unterliegt,
- die Fristversäumung sonst unverschuldet ist.

Der Einwendungsführer braucht nicht im Einzelnen vorzubringen, weshalb die Beeinträchtigung befürchtet wird oder welche konstruktiven Merkmale der Anlage dazu führen können. Es genügt, wenn das Vorbringen in groben Zügen erkennen lässt, welche Rechtsgüter als gefährdet angesehen und welche Beeinträchtigungen befürchtet werden.

Einer förmlichen Wiedereinsetzung in den vorigen Stand bedarf es zur Vermeidung der materiellen Präklusion nicht (str.). Anderes gilt für die formelle Präklusion. Insoweit ist eine Wiedereinsetzung erforderlich. Die Möglichkeit hierzu folgt aus § 32 LVwVfG, der die in dieser Hinsicht unvollständigen Regelungen des BImSchG und der 9. BImSchV ergänzt.

(b) Auf besonderen privatrechtlichen Titeln beruhende Einwendungen werden nicht präkludiert, § 10 Abs. 3 S. 5 BImSchG. Auf *besonderen* privatrechtlichen Titeln beruhen diejenigen Ansprüche, die ihre Grundlage nicht in Besitz oder Eigentum an einem Nachbargrundstück (§§ 858, 862, 869; 1004, 906, 907 BGB), im Deliktsrecht (§ 823 BGB) oder im Landesnachbarrecht haben. Das sind alle vertraglichen Ansprüche sowie dingliche Ansprüche am Betriebsgrundstück, insb. aus Eigentum, Nießbrauch oder Dienstbarkeiten.

### **(3) Umweltverträglichkeitsprüfung**

Die UVP ist gemäß § 1 Abs. 2 der 9. BImSchV unselbständiger Bestandteil des förmlichen Genehmigungsverfahrens. Sie ist weitgehend in der 9. BImSchV normiert. Das UVPG kommt nur subsidiär zur Anwendung (vgl. §§ 4 S. 1, 6 Abs. 2 UVPG), insb. im Hinblick auf die Bestimmung der UVP-Pflichtigkeit (§§ 3a-3f UVPG i.V.m. den Anlagen zum UVPG) und die Behördenkoordination nach § 14 UVPG.

Die UVP umfasst gemäß § 1a der 9. BImSchV die Ermittlung, Beschreibung und Bewertung aller Umweltauswirkungen auf die Schutzgüter des BImSchG und die Landschaft sowie der Wechselwirkungen zwischen diesen Schutzgütern. Dazu sind

---

<sup>56</sup> Vgl. BVerfGE 61, 82 (109 f.).



- eine *zusammenfassende Darstellung* der Umweltauswirkungen zu erarbeiten (§ 20 Abs. 1a der 9. BImSchV),
- auf dieser Grundlage eine *Bewertung* der Umweltauswirkungen nach den für die Genehmigungsentscheidung maßgeblichen Rechtsgrundlagen vorzunehmen (§ 20 Abs. 1b S. 1 u. 2 der 9. BImSchV),
- die Bewertung bei der Genehmigungsentscheidung *zu berücksichtigen* (§ 20 Abs. 1b S. 3 der 9. BImSchV).

Welche Anlagen einer UVP unterfallen, ergibt sich aus § 3b UVPG (UVP-Pflicht aufgrund Art, Größe und Leistung des Vorhabens), § 3c UVPG (UVP-Pflicht im Einzelfall; die insofern erforderliche Vorprüfung des Einzelfalls wird *Screening* genannt), § 3d UVPG (UVP-Pflicht nach Maßgabe des Landesrechts), § 3e (Änderungen und Erweiterungen UVP-pflichtiger Vorhaben), § 3f UVPG (UVP-pflichtige Entwicklungs- und Erprobungsvorhaben) i.V.m. den Anlagen 1 und 2 zum UVPG.

Danach sind ein Großteil der in Spalte 1 des Anhangs der 4. BImSchV aufgeführten Anlagen sowie eine Reihe von Spalte 2-Anlagen UVP-pflichtig. Da das UVPG allerdings nicht von „Anlagen“ spricht, sondern den weitergehenden Begriff des „Vorhabens“ als Anknüpfungspunkt hat, bezieht sich die UVP auf ein größeres räumliches Umfeld als das der Anlage im Sinne des BImSchG. Nebengebäude u.ä. sind damit in die UVP einzubeziehen, auch wenn sie nicht vom BImSchG erfasst werden (vgl. aber auch § 1 Abs. 2 der 4. BImSchV).

Die Pflicht zur Durchführung einer UVP führt nicht zur Ausweitung der materiellen Anforderungen an eine Anlage, da das UVP-Verfahren keine eigenen Kriterien normiert. Die UVP hat nur verfahrensrechtliche Bedeutung und soll eine bestmögliche Berücksichtigung der Umweltbelange bei der Zulassungsentscheidung gewährleisten.

Umstritten ist, ob im Rahmen der gebundenen immissionsschutzrechtlichen Zulassungsentscheidung eine von der UVP-RL geforderte Berücksichtigung des Ergebnisses der UVP (vgl. § 20 Abs. 1b S. 3 der 9. BImSchV) überhaupt möglich ist, oder ob diese nicht strukturell einen Ermessensspielraum voraussetzt. Die h.M. geht davon aus, dass die Ausweitung der Schutzgüter in § 1 BImSchG, die Integrationsklausel in § 5 Abs. 1 BImSchG, das Vorsorgegebot nach § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 2 BImSchG und eine Reihe unbestimmter Rechtsbegriffe im Rahmen der Tatbestandsvoraussetzungen („Wohl der Allgemeinheit“) Interpretationsspielräume eröffnen, die der Behörde eine Berücksichtigung des UVP-Ergebnisses ermöglichen.

### **cc) Vereinfachtes Verfahren nach § 19 BImSchG**

Gemäß § 19 Abs. 1 BImSchG i.V.m. § 2 Abs. 1 S. 1 Nr. 2 der 4. BImSchV werden die in Spalte 2 des Anhangs der 4. BImSchV aufgeführten Anlagen in einem vereinfachten Verfahren genehmigt. Es handelt sich um Anlagen mit einem geringeren Gefahrenpotential.

Das vereinfachte Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass gemäß § 19 Abs. 2 BImSchG eine Reihe von Vorschriften nicht anzuwenden ist, nämlich insbesondere:

- § 10 Abs. 3, 4, 6 BImSchG => Keine Öffentlichkeitsbeteiligung. Einwendungen bleiben – sofern der Betroffene denn überhaupt Kenntnis von dem Vorhaben erhält – möglich, und da § 10 Abs. 7 BImSchG nicht ausgeschlossen ist, muss dem Einwender der Bescheid auch zugestellt werden. Da aber die Chance zur Kenntnisnahme sinkt und die Mitwirkungslast entfällt, entfällt auch die Präklusionsfrist. Es können demnach alle Einwendungen noch im Prozess vorgebracht werden.
- § 10 Abs. 8 BImSchG => Keine Ersatzzustellung durch öffentliche Bekanntmachung.

- § 11 BImSchG => Keine Präklusionswirkung bei Teilgenehmigung und Vorbescheid<sup>57</sup>.
- § 14 BImSchG => Keine privatrechtsgestaltende Wirkung<sup>58</sup>.

Der Ausschluss von Präklusion und privatrechtsgestaltender Wirkung ist ein häufiges Motiv für den Antragsteller, gemäß § 19 Abs. 3 BImSchG ein förmliches Genehmigungsverfahren zu beantragen, obwohl es nicht nötig wäre.

#### **dd) Zuständigkeiten**

Die Zuständigkeiten für die Erteilung der Genehmigung und den Vollzug des BImSchG im Übrigen ist in Baden-Württemberg geregelt in der Immissionsschutz-Zuständigkeitsverordnung – BImSchZuVO<sup>59</sup>.

#### **d) Genehmigungswirkungen**

##### **aa) Gestattungswirkung und Feststellungswirkung**

Wie die Baugenehmigung besteht auch die immissionsschutzrechtliche Genehmigung aus einem verfügenden und einem feststellenden Teil:

(1) Die immissionsschutzrechtliche Genehmigung gestattet die Errichtung und den Betrieb der Anlage (verfügender Teil: Aufhebung des präventiven Verbots). Es handelt sich um eine von der Person des Betreibers unabhängige Sachgenehmigung, eine sog. Realkonzession.

Inhalt und Umfang der Genehmigung sind dem Genehmigungsbescheid, dessen Grundstrukturen in § 21 der 9. BImSchV umrissen sind, durch Auslegung zu entnehmen. Maßgeblich ist der objektive Erklärungswille der Genehmigungsbehörde unter Heranziehung der Genehmigungsunterlagen. Der Genehmigung können gemäß § 12 BImSchG Nebenbestimmungen beigefügt werden. Hinsichtlich der prozessualen Behandlung von Nebenbestimmungen gelten die allgemeinen Regeln für Nebenbestimmungen. Dabei ist als Faustregel zu berücksichtigen, dass es sich bei „Zusätzen“ zu immissionsschutzrechtlichen Genehmigungen im Zweifel um sog. modifizierende Auflagen bzw. um Inhaltsbestimmungen handelt. Deshalb ist eine isolierte Anfechtung von immissionsschutzrechtlichen „Zusätzen“ vielfach nicht zulässig.

Bsp.: Das BVerwG hat die „besondere Auflage“ zur Baugenehmigung für ein Transportbetonwerk, nach der die Anlage so zu errichten ist, dass ein bestimmter Lärmpegel nicht überschritten wird, als modifizierende Auflage qualifiziert<sup>60</sup>. Unabhängig von der Frage, ob die modifizierende Auflage als eigenständige Rechtsfigur anzuerkennen ist, wird diese Entscheidung in der Literatur verbreitet abgelehnt und das Vorliegen einer „echten“ Auflage angenommen. Um eine Inhaltsbestimmung – nicht um eine Auflage – handelt es sich nach Auffassung des Gerichts auch bei der einer immissionsschutzrechtlichen Betriebsgenehmigung für eine Feuerungsanlage beigefügten Maßgabe, bei Ölfeuerungsbetrieb nur schwefelarmes Heizöl zu verwenden<sup>61</sup> (das Gericht verneint *in concreto* auch das Vorliegen einer modifizierenden Auflage, unterscheidet also – freilich ohne prozessuale Konsequenz – zwischen Inhaltsbestimmung und modifizierender Auflage).

Im Umfang der Gestattungswirkung ist die genehmigte Anlage „polizeifest“, ihr Betrieb also legal, der Betreiber mithin nicht Störer im Sinne des Ordnungsrechts („Legalisierungswirkung“). Allerdings tendiert die jüngere Rspr. und Lit. in diesem Zusammenhang zu einer rest-

<sup>57</sup> Dazu unten III.2.e)aa), S. 32.

<sup>58</sup> Dazu unten III.2.d)cc), S. 31.

<sup>59</sup> Dürig 126a. Beachte auch § 16 Abs. 1 Nr. 4 LVG, wonach das Immissionsschutzrecht von der Zuständigkeit der Großen Kreisstädte und der Verwaltungsgemeinschaften als untere Verwaltungsbehörden (§ 13 Abs. 1 Nr. 1 LVG) ausgeschlossen ist.

<sup>60</sup> BVerwG, DÖV 1974, 380 (381).

<sup>61</sup> BVerwGE 69, 37 (39).

riktiven Auslegung des Genehmigungsbescheids: Er soll niemals die Erlaubnis enthalten, im Genehmigungszeitpunkt noch gar nicht bekannte Stoffe (z.B. Dioxine) freizusetzen<sup>62</sup>.

(2) Durch die Genehmigung wird auch die Vereinbarkeit der Anlage mit den Vorgaben des § 6 BImSchG festgestellt (feststellender Teil). Diese Feststellungswirkung ist freilich im Hinblick auf § 6 Abs. 1 Nr. 1 BImSchG von geringer Bedeutung. Denn wegen des dynamischen Charakters der Betreiberpflichten sind bei einer späteren Änderung der Umstände nachträgliche Anordnungen ohne Rücksicht auf die Genehmigung zulässig. Diese entfaltet insoweit also keine Bindungswirkung und vermittelt nur einen sehr eingeschränkten Bestandsschutz<sup>63</sup>.

### **bb) Konzentrationswirkung**

Nach § 13 BImSchG schließt die Genehmigung andere die Anlage betreffende behördliche Zulassungen mit ein. Diese sog. Konzentrationswirkung hat zwei Ausprägungen:

- *Zuständigkeits- und Verfahrenskonzentration*: Es wird nur ein Verwaltungsverfahren durchgeführt, nämlich das immissionsschutzrechtliche Genehmigungsverfahren. Zuständig ist allein die Immissionsschutzbehörde.
- *Entscheidungskonzentration*: Es ergeht nur eine abschließende Entscheidung, nämlich die immissionsschutzrechtliche Genehmigung.

§ 13 BImSchG befreit nicht von der Einhaltung fachgesetzlicher Vorschriften (keine materielle Konzentration). Diese sind vielmehr von der Immissionsschutzbehörde – nach § 6 Abs. 1 Nr. 2 BImSchG – in gleicher Weise zu beachten wie von der normalerweise zuständigen Fachbehörde. Das gilt auch für ggf. erforderliche Mitwirkungshandlungen anderer Behörden (insb. gemeindliches Einvernehmen nach § 36 BauGB; vgl. § 36 I 2, 1. Hs. BauGB, der diese früher str. Frage ausdrücklich in diesem Sinne beantwortet).

Die Konzentrationswirkung erstreckt sich insb. auf Baugenehmigungen, baurechtliche Ausnahmen und Befreiungen, Erlaubnisse und Ausnahmen des Natur- und Landschaftsschutzrechts, Waldrodungsgenehmigungen oder straßenrechtliche Anbaugenehmigungen.

Ausdrücklich nicht erfasst werden Planfeststellungen, Zulassungen bergrechtlicher Betriebspläne, atomrechtliche Entscheidungen sowie wasserrechtliche Erlaubnisse und Bewilligungen. Im Hinblick auf die hieraus ggf. folgende Erforderlichkeit von Parallelgenehmigungen verpflichtet der in Umsetzung der IVU-Richtlinie ergangene § 10 Abs. 5 S. 2 BImSchG die Immissionsschutzbehörde zur Koordinierung der Zulassungsverfahren sowie der Inhalts- und Nebenbestimmungen. Die Durchführung der ggf. erforderlichen UVP obliegt in einem solchen Fall gemäß § 14 Abs. 1 UVPG der nach Landesrecht zu bestimmenden federführenden Behörde (vgl. hierzu § 4 LUVPG BW<sup>64</sup>).

### **cc) Privatrechtsgestaltende Wirkung**

Die bestandskräftige immissionsschutzrechtliche Genehmigung schließt nach Maßgabe von § 14 BImSchG privatrechtliche Abwehransprüche gegen die Anlage aus und hat damit privatrechtsgestaltende Wirkung.

Der Zweck der Vorschrift liegt darin, den Bestand genehmigungsbedürftiger Anlagen gegenüber privatrechtlichen Ansprüchen von Nachbarn zu sichern und so dem Betreiber Investitionssicherheit zu gewährleisten. Die Beschränkung der nachbarlichen Rechte (verfassungs-

---

<sup>62</sup> Zur Legalisierungswirkung öffentlich-rechtlicher Genehmigungen etwa *Würtenberger/Heckmann*, Polizeirecht BW, 6. Aufl. 2005, Rn. 463 ff.

<sup>63</sup> Vgl. hierzu unten III.2.g)aa), S. 35.

<sup>64</sup> Dürig 136.

rechtlicher Maßstab: Art. 2 Abs. 2 S. 1, 14 Abs. 1 GG) findet ihre Rechtfertigung im öffentlichen und privaten Interesse am Bestandsschutz sowie den materiell-rechtlichen und verfahrensrechtlichen Kautelen des Genehmigungsverfahrens (drittschützende Betreiberpflicht nach § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 BImSchG, Öffentlichkeitsbeteiligung nach § 10 Abs. 3 BImSchG). Daraus folgt aber auch, dass die privatrechtsgestaltende Wirkung nicht eintreten kann, wenn die Möglichkeit zur Rechtswahrnehmung im Rahmen des Genehmigungsverfahrens nicht bestand, wie z.B. im vereinfachten Verfahren nach § 19 BImSchG (vgl. deshalb § 19 Abs. 2 BImSchG) oder bei Änderungsgenehmigungen im beschränkten förmlichen Verfahren nach § 16 Abs. 2 BImSchG.

### **Wirkungen:**

- Ausschluss von Ansprüchen auf Einstellung des Betriebs (§§ 823, 858, 862, 906 f., 1004 BGB), § 14 S. 1, 1. Hs. BImSchG.
- Statt dessen:
  - Anspruch auf Schutzvorkehrungen, § 14 S. 1, 2. Hs. BImSchG.  
Der Anspruch auf Schutzvorkehrungen tritt an die Stelle des ausgeschlossenen Abwehranspruchs. Voraussetzung hierfür ist also, dass ein Abwehranspruch dem Grunde nach besteht und auch durchsetzbar ist<sup>65</sup>. Als Schutzvorkehrungen kommen alle Maßnahmen in Betracht, die die nachteiligen Wirkungen ausschließen oder mildern (z.B. Filter, Schalldämpfer, günstigere Anordnung von Maschinen, Verwendung anderer Brennstoffe). Die Maßnahmen müssen aber nach dem Stand der Technik durchführbar und wirtschaftlich vertretbar sein. Andernfalls wandelt sich der Abwehranspruch um in einen
  - Schadensersatzanspruch, § 14 S. 2 BImSchG.  
Es handelt sich um einen privatrechtlichen Aufopferungsanspruch, dessen Grenzen durch den ursprünglichen Abwehranspruch markiert werden. Der Inhalt richtet sich nach §§ 249 ff. BGB.

### **Ausnahmen:**

Der Ausschluss erstreckt sich gemäß § 14 S. 1 BImSchG nicht auf Ansprüche, die auf besonderen privatrechtlichen Titeln beruhen.

### **e) Teilgenehmigung und Vorbescheid**

Als Instrumente zur Stufung des Genehmigungsverfahrens sieht das BImSchG Teilgenehmigung und Vorbescheid vor.

#### **aa) Teilgenehmigung, § 8 BImSchG**

(1) § 8 BImSchG sieht zwei Arten der Teilgenehmigung vor:

- Die sog. Errichtungsgenehmigung für die Errichtung – nicht auch den Betrieb – einer Anlage oder eines Anlagenteils.
- Die sog. Abschnittsgenehmigung für die Errichtung und den Betrieb eines Anlagenteils.

Die Teilgenehmigung ist ein Ausschnitt aus der Vollgenehmigung. Wie diese besteht sie aus einem feststellenden und einem verfügenden Teil. Als Instrument der vertikalen Stufung

---

<sup>65</sup> Eine eventuelle Präklusion nach § 10 Abs. 3 S. 5 BImSchG, die sich ja auch auf (nicht auf besonderen Titeln beruhende) privatrechtliche Einwendungen erstreckt, steht der Durchsetzbarkeit nicht entgegen. Denn sie betrifft nur Einwendungen gegen die Genehmigungserteilung durch die Behörde, schließt aber nicht privatrechtliche Klagen gegen den Anlagenbetreiber aus. Vgl. hierzu *Jarass*, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 10 Rn. 99, § 14 Rn. 9 a.

komplexer Zulassungsverfahren dient sie dem Interesse des Anlagenbetreibers, der für die Verwirklichung des ersten Teils noch nicht das Gesamtprojekt vollständig durchgeplant haben muss. Zugleich sichert sie im Allgemeininteresse, dass Genehmigungen nicht lange im Voraus erteilt werden müssen und deshalb spätere Fortschritte von Wissenschaft und Technik berücksichtigt werden können.

Gemäß § 8 BImSchG hat die Erteilung einer Teilgenehmigung zur Voraussetzung:

- einen Antrag,
- ein berechtigtes Interesse,
- das Vorliegen der Genehmigungsvoraussetzungen für den betreffenden Teil und
- ein vorläufiges positives Gesamturteil im Hinblick auf die Genehmigungsfähigkeit im Übrigen.

Gegenstand der vorläufigen Gesamtbeurteilung ist alles, was über den (in der betreffenden Teilgenehmigung oder in früheren Teilgenehmigungen) genehmigten Anlagenteil und dessen Betrieb hinausgeht. Die vorläufige Prüfung hat so intensiv zu erfolgen, wie es das jeweilige Verfahrensstadium und die vorliegenden Antragsunterlagen zulassen. Es handelt sich also nicht lediglich um eine kursorische Prüfung. Das vorläufige positive Gesamturteil findet Eingang in den feststellenden Teil der Teilgenehmigung und nimmt daher an deren Bindungswirkung teil. Die Genehmigungsbehörde ist deshalb bei nachfolgenden Teilgenehmigungen an ihre in früheren Teilgenehmigungen ausgesprochenen vorläufigen positiven Gesamturteile gebunden. Grenzen der Bindungswirkung ergeben sich aus dem vorläufigen Charakter des Gesamturteils. § 8 S. 2 BImSchG ordnet deshalb den Entfall der Bindungswirkung an, wenn sich später die Sach- oder Rechtslage ändert oder Einzelprüfungen – d.h. nachfolgende Detailprüfungen im Gegensatz zu der vorläufigen Vorabprüfung – zu einer abweichenden Beurteilung führen.

(2) Die Bestandskraft (analog: sofortige Vollziehbarkeit, str.) der Teilgenehmigung zieht gemäß § 11 BImSchG für das weitere Verfahren die – formelle und materielle – Präklusion von Einwendungen nach sich, die bereits im vorhergehenden Verfahren fristgerecht vorgebracht worden sind oder hätten vorgebracht werden können.

Diese Präklusionswirkung soll die Bindungswirkung der Teilgenehmigung ergänzen: Im Interesse der Vermeidung von Doppelprüfungen im gestuften Zulassungsverfahren begrenzt die Bindungswirkung das Recht und die Pflicht der Behörde, bestimmt Fragen im Rahmen späterer Teilentscheidungen nochmals aufzugreifen. Die Präklusionswirkung tritt ergänzend hinzu und begrenzt die behördliche Verpflichtung *Dritten gegenüber*, auf einer vorherigen Verfahrensstufe bereits behandelte Fragen nochmals aufzugreifen. Von Relevanz ist § 11 BImSchG dort, wo sich die Regelungsgegenstände der verschiedenen Teilgenehmigungen überschneiden. Das ist hinsichtlich des vorläufigen positiven Gesamturteils der Fall.

Bsp.: Ist nach Auffassung eines Nachbarn der Anlagenbetrieb mit schädlichen Umweltwirkungen verbunden, muss er seine diesbezüglichen Einwendungen bereits im Verfahren zur Erteilung einer *Errichtungsgenehmigung* vorbringen, soweit ihm dies aufgrund der ausgelegten Antragsunterlagen möglich ist.

Die eigenständige Bedeutung von § 11 BImSchG gegenüber dem Einwendungsausschluss gemäß § 10 Abs. 3 S. 3 BImSchG besteht darin, dass letzterer nur für den jeweiligen Verfahrensabschnitt wirkt und nur nicht bzw. nicht fristgemäß vorgebrachte Einwendungen erfasst, wohingegen sich die Präklusion nach § 11 BImSchG auf spätere Verfahrensabschnitte erstreckt und auch im vorherigen Verfahren fristgerecht vorgebrachte Einwendungen einbezieht.

## **bb)Vorbescheid, § 9 BImSchG**

Nach § 9 BImSchG kann in einem Vorbescheid entschieden werden über

- einzelne Genehmigungsvoraussetzungen sowie
- den Standort der Anlage.

Der Vorbescheid ist ein Ausschnitt aus dem feststellenden Teil der Genehmigung. Durch ihn wird eine verbindliche Vorwegentscheidung über einzelne Genehmigungsvoraussetzungen getroffen. Im Gegensatz zur Voll- bzw. Teilgenehmigung gestattet er aber weder Errichtung noch Betrieb der Anlage, lässt also das präventive Verbot unberührt. Als Instrument der horizontalen Stufung komplexer Zulassungsverfahren dient der Vorbescheid dem Vertrauens- und Investitionsschutz.

Gemäß § 9 BImSchG hat die Erteilung eines Vorbescheids zur Voraussetzung:

- einen Antrag,
- die Möglichkeit, die Auswirkungen der geplanten Anlage ausreichend zu beurteilen,
- ein berechtigtes Interesse.

Dass „die Auswirkungen der geplanten Anlage ausreichend beurteilt werden können“ müssen, meint nichts anderes als die Erforderlichkeit eines vorläufigen positiven Gesamturteils. Insofern gelten die Ausführungen zur Teilgenehmigung entsprechend; hinsichtlich der Grenzen der Bindung an das vorläufige positive Gesamturteil findet § 8 S. 2 BImSchG analoge Anwendung.

Soweit im Vorbescheid über einzelne Genehmigungsvoraussetzungen entschieden wurde, ist die Genehmigungsbehörde im späteren Genehmigungsverfahren hieran gebunden. Das gilt auch im Falle einer Änderung der Sach- oder Rechtslage. Eine Lösung von der Bindungswirkung ist der Behörde nur möglich durch Widerruf (§ 9 Abs. 3 i.V.m. § 21 BImSchG) bzw. Rücknahme (§ 48 LVwVfG).

Auch der bestandskräftige Vorbescheid führt zur Einwendungspräklusion gemäß § 11 BImSchG.

## **f) Anlagenänderungen**

(1) Für die Änderung genehmigungsbedürftiger Anlagen sehen §§ 15, 16 BImSchG ein gestuftes System der Eröffnungskontrolle vor:

- Anzeigepflicht gemäß § 15 BImSchG bei unwesentlichen Änderungen;
- Genehmigungspflicht gemäß § 16 BImSchG bei wesentlichen Änderungen.

Einer Eröffnungskontrolle unterliegen dabei nur Änderungen der Lage, der Beschaffenheit oder des Betriebs einer Anlage (vgl. §§ 15 Abs. 1 S. 1, 16 Abs. 1 S. 1 BImSchG). Änderungen in der Person des Betreibers oder in der Unternehmensorganisation sind deshalb weder anzeige- noch genehmigungsbedürftig. Gleiches gilt für Lage-, Beschaffenheits- oder Betriebsänderungen, die keine Auswirkungen auf die Schutzgüter des § 1 BImSchG haben können (vgl. § 15 Abs. 1 S. 1 BImSchG).

(2) Nach § 15 Abs. 1 S. 1 BImSchG sind *unwesentliche Änderungen* mindestens einen Monat vorher anzuzeigen. Sobald die Behörde eine sog. Freistellungserklärung (VA) abgibt oder sich innerhalb eines Monats nach Eingang der vollständigen Unterlagen nicht äußert, darf die Änderung vorgenommen werden (§ 15 Abs. 2 S. 2 BImSchG). Gemäß § 16 Abs. 4 BImSchG

kann der Betreiber auch für eine unwesentliche Änderung eine Genehmigung beantragen (arg.: erhöhte Rechtssicherheit, Konzentrationswirkung).

(3) Nach § 16 Abs. 1 S. 1, 1. Hs. BImSchG sind *wesentliche Änderungen* genehmigungspflichtig. Wesentlich ist eine Änderung, wenn durch sie nachteilige Auswirkungen hervorgehen können und diese für die Prüfung nach § 6 Abs. 1 Nr. 1 BImSchG erheblich sein können. Rein baurechtlich relevante Änderungen unterfallen § 6 Abs. 1 Nr. 2 BImSchG und stellen daher von vornherein keine wesentliche Änderung dar. Bagatellfälle unterliegen nach § 16 Abs. 1 S. 2 BImSchG nicht der Genehmigungspflicht. Eine Genehmigung ist stets erforderlich, wenn die Änderung oder Erweiterung des Betriebs einer genehmigungsbedürftigen Anlage für sich genommen die Leistungsgrenzen oder Anlagengrößen des Anhangs zur 4. BImSchV erreichen, § 16 Abs. 1 S. 1, 2. Hs. BImSchG.

Die materiellen Voraussetzungen der Änderungsgenehmigung ergeben sich aus § 6 BImSchG, entsprechen also denen der Erstgenehmigung. Es müssen also insb. auch die Voraussetzungen des § 6 Abs. 1 Nr. 2 BImSchG erfüllt sein (z.B. baurechtliche Zulässigkeit). Der Gegenstand der Genehmigungsfähigkeit reicht also weiter als der der Genehmigungsbedürftigkeit.

Das Genehmigungsverfahren ist, wie § 16 Abs. 2 S. 3 BImSchG zu entnehmen ist, das Gleiche wie bei der Erstgenehmigung. Für an sich im vereinfachten Verfahren zu genehmigende Änderungen kann der Antragsteller die Durchführung eines förmlichen Verfahrens verlangen, § 16 Abs. 2 S. 4 BImSchG. § 16 Abs. 2 S. 1 u. 2 BImSchG sieht vor, dass auf Antrag des Vorhabenträgers im förmlichen Genehmigungsverfahren von einer Öffentlichkeitsbeteiligung abgesehen werden soll, wenn *erhebliche* nachteilige Auswirkungen auf die Schutzgüter des § 1 BImSchG nicht zu besorgen sind. Das Gesetz unterscheidet also zwischen *offensichtlich geringen* nachteiligen Auswirkungen (nicht genehmigungsbedürftig, § 16 Abs. 1 S. 2 BImSchG), *einfach* nachteiligen Auswirkungen (genehmigungsbedürftig, § 16 Abs. 1 S. 1 BImSchG; auf Antrag keine Öffentlichkeitsbeteiligung, § 16 Abs. 2 S. 1 u. 2 BImSchG) und *erheblichen* nachteiligen Auswirkungen (genehmigungsbedürftig, § 16 Abs. 1 S. 1 BImSchG; Öffentlichkeitsbeteiligung). Ob die Auswirkungen „erheblich“ sind, muss im jeweiligen Einzelfall unter Berücksichtigung von Art und Ausmaß der Auswirkungen und im Hinblick auf bestehende Vorbelastungen bestimmt werden.

### **g) Nachträgliche Eingriffsbefugnisse**

In §§ 17, 20, 21 BImSchG sind nachträgliche Eingriffsbefugnisse der Behörde normiert.

#### **aa) Nachträgliche Anordnungen, § 17 BImSchG**

(1) Nach § 17 BImSchG besteht die Möglichkeit zum Erlass nachträglicher, d.h. nach Genehmigungserteilung bzw. nach angezeigter Änderung ergehender Anordnungen. Ziel der nachträglichen Anordnungen ist es, die Erfüllung der aus dem BImSchG oder aus einer hierauf gestützten Rechtsverordnung sich ergebenden Pflichten sicherzustellen. Es soll mithin Kongruenz hergestellt werden zwischen dem immissionsschutzrechtlich Gebotenen und den tatsächlichen Verhältnissen. Dass es hier zu Abweichungen kommt, kann unterschiedliche Ursachen haben:

- Anlagenbeschaffenheit oder -betrieb bleiben hinter dem zurück, was in der Genehmigung gefordert ist;
- nachträglich ist eine andere Bewertung der Wirkungen der Anlage geboten, weil
  - sich die der Genehmigung zugrunde liegende Immissionsprognose als unzutreffend erweist,

- Änderungen in der Umgebung der Anlage eintreten (z.B. neues Wohngebiet im Einwirkungsbereich einer lärmenden Anlage),
- neue wissenschaftliche Erkenntnisse eine andere Risikobewertung gebieten,
- der Stand der Technik sich fortentwickelt hat,
- sich die Rechtslage geändert hat und nunmehr verschärfte Anforderungen stellt.

§ 52 Abs. 1 S. 2 u. 3 BImSchG verpflichtet die zuständigen Behörden in diesem Zusammenhang zur regelmäßigen Überprüfung von Genehmigungen.

Neben der damit beschriebenen Durchsetzungsfunktion der nachträglichen Anordnung erfüllt sie auch eine Konkretisierungsfunktion, weil insb. die Grundpflichten nach § 5 BImSchG weithin allgemein gefasst sind, so dass aus ihnen im Einzelfall unterschiedliche Folgerungen gezogen werden können. Erst durch eine einzelfallbezogenen Anordnung (oder eine generelle konkretisierende Regelung nach §§ 7, 48, 48 a BImSchG) werden die Grundpflichten in praktikabler Weise vollziehbar.

(2) Nachträgliche Anordnungen können ergehen zur Durchsetzung *immissionsschutzrechtlicher* Pflichten. Dies sind insb. die Grundpflichten nach § 5 BImSchG (ggf. nach Maßgabe ihrer untergesetzlichen Konkretisierungen), aber auch sonstige aus dem BImSchG oder aus hierauf gestützten Rechtsverordnungen sich ergebende Pflichten (z.B. aus §§ 15 Abs. 1 u. 3, 27, 31, 52 a, 53-58 d BImSchG – vorbehaltlich spezieller Ermächtigungen wie in §§ 53 Abs. 2, 55 Abs. 2 S. 2, 58 a Abs. 2 BImSchG). Die Durchsetzung der Pflichten nach § 6 Abs. 1 Nr. 2 BImSchG ist dagegen über § 17 BImSchG nicht möglich, da es sich hierbei nicht um spezifisch immissionsschutzrechtliche Pflichten handelt<sup>66</sup>. Insoweit ist auf die Ermächtigungen anderer Gesetze zurückzugreifen.

Auf der Rechtsfolgende differenziert § 17 Abs. 1 BImSchG nach der Art der durchzusetzenden Pflicht:

- Sog. *Schutzanordnungen* zur Durchsetzung der Schutzpflicht des § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 BImSchG sowie der Nachsorgepflicht des § 5 Abs. 3 Nr. 1 BImSchG (ggf. nach Maßgabe ihrer untergesetzlichen Konkretisierungen) sind vorbehaltlich atypischer Fallgestaltung zwingend zu erlassen, § 17 Abs. 1 S. 2 BImSchG („soll“).

Die Vorschrift ist zugunsten der betroffenen Nachbarn drittschützend.

§ 17 Abs. 1 a BImSchG sieht (in Erfüllung europarechtlicher Vorgaben) für bestimmte Fälle eine Öffentlichkeitsbeteiligung vor dem Erlass von Schutzanordnungen vor.

- Der Erlass sog. *Vorsorgeanordnungen* zur Durchsetzung sonstiger immissionsschutzrechtlicher Pflichten (nicht nur der Vorsorgepflicht des § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 2 BImSchG) steht dagegen im pflichtgemäßen Ermessen der Behörde, § 17 Abs. 1 S. 1 BImSchG („können“).

Die Vorschrift ist nach h.M. nicht drittschützend. Für Vorsorgeanordnungen im engeren Sinne gelten insoweit freilich die oben für einen Drittschutz der Vorsorgepflicht vorgebrachten Argumente entsprechend.

Nach § 17 Abs. 2 BImSchG steht die Zulässigkeit nachträglicher Anordnungen unter dem Vorbehalt der Verhältnismäßigkeit. Die Anordnung muss also zur Durchsetzung der Pflicht geeignet und erforderlich sowie im Hinblick auf das Verhältnis von angestrebtem Ziel und hierfür notwendigem Aufwand angemessen sein. Anordnungen zur Abwehr konkreter Gesundheitsgefahren sind immer angemessen, auch wenn sie die Einstellung des Betriebs zu

<sup>66</sup> Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 17 Rn. 15.



Folge haben. Im Übrigen bedarf es einer Abwägung zwischen dem angestrebten Erfolg und den Belastungen des Anlagenbetreibers anhand der Umstände des konkreten Einzelfalls. Muss wegen Unverhältnismäßigkeit von einer nachträglichen Anordnung abgesehen werden, so „soll“ gemäß § 17 Abs. 2 S. 2 BImSchG die zuständige Behörde die Genehmigung widerrufen, was freilich nur gegen Entschädigung möglich ist, vgl. § 21 Abs. 4 BImSchG.

(3) Der Betreiber kann sich gegenüber einer nachträglichen Anordnung nicht auf Bestandsschutz berufen. Das BImSchG gewährt Bestandsschutz nur nach Maßgabe seiner §§ 17 und 21. Unmittelbar auf Art. 14 GG kann sich der Betreiber nicht berufen. Denn nach Art. 14 Abs. 1 S. 2 GG bestimmt der Gesetzgeber Inhalt und Schranken des Eigentums; es gibt deshalb keinen Bestandsschutz „aus“ Art. 14 GG. Verfassungsrechtliche Bedenken gegen die Regelungen des BImSchG bestehen nicht.

(4) Ob § 17 BImSchG als *lex specialis* die polizeirechtliche Generalklausel verdrängt, ist umstritten<sup>67</sup>. Ein Rückgriff auf diese bleibt jedenfalls möglich bei Gefahr im Verzug, wobei dann aber ggf. nur vorläufige Maßnahmen getroffen werden dürften<sup>68</sup>.

### **bb) Untersagung, Stilllegung und Beseitigung, § 20 BImSchG**

§ 20 BImSchG ermächtigt die Behörde zur Untersagung des Betriebs sowie zur Stilllegung oder Beseitigung der Anlage. Er begrenzt die „Polizeifestigkeit“ (Legalisierungswirkung) der Genehmigung. Der Zweck der Vorschrift liegt in der Verbesserung der Durchsetzbarkeit und damit der Effektivität des Immissionsschutzrechts.

(1) § 20 Abs. 1 BImSchG sanktioniert

- die Nichtbefolgung
  - einer Auflage,
  - einer vollziehbaren nachträglichen Anordnung gemäß § 17 BImSchG oder
  - einer abschließend bestimmten Pflicht aus einer Rechtsverordnung nach § 7 BImSchG
- betreffend die Beschaffenheit oder den Betrieb der Anlage.

Es muss sich um eine hinreichend konkretisierte Pflicht handeln. Unmittelbar unter Berufung auf die Grundpflichten des § 5 BImSchG ist eine Untersagung nicht möglich. Wie sich aus der Gleichstellung mit Auflagen und vollziehbaren nachträglichen Anordnungen ergibt, besteht eine „abschließend bestimmte Pflicht“ aus einer Rechtsverordnung dann, wenn die Rechtsverordnung ebenso konkret gefasst ist wie ein Verwaltungsakt, der zur Grundlage für Vollstreckungsmaßnahmen gemacht werden soll (z.B. Grenzwerte; z.B. nicht: Dynamisierungsklauseln, die zur Emissionsminderung nach dem jeweiligen Stand der Technik verpflichten).

Bei einem derartigen Pflichtenverstoß kann (Ermessen) der Betrieb ganz oder teilweise bis zur Erfüllung der Pflicht untersagt werden.

(2) § 20 Abs. 1a S. 1 BImSchG verpflichtet die Behörde zur Betriebsuntersagung zur Verhinderung oder Begrenzung von Störfällen. Nach § 20 Abs. 1a S. 2 BImSchG kann der Betrieb untersagt werden, wenn der Betreiber seinen Informationspflichten nach der 12. BImSchV (Störfall-VO) nicht nachkommt.

---

<sup>67</sup> Dagegen etwa BVerwGE 55, 118 (120 ff.), dafür etwa Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 17 Rn. 3 m.w.N.

<sup>68</sup> Jarass, a.a.O.

(3) Eine Betriebsuntersagung ist gemäß § 20 Abs. 3 S. 1 BImSchG zudem dann möglich, wenn der Betreiber oder ein mit der Leitung des Betriebs beauftragter unzuverlässig ist.

(4) Nach § 20 Abs. 2 S. 1 BImSchG soll die Stilllegung oder Beseitigung einer Anlage angeordnet werden, wenn die erforderliche Genehmigung fehlt. Ausreichend ist danach allein die formelle Rechtswidrigkeit (anders als im Baurecht, wo eine Abrissverfügung gegen ein materiell rechtmäßiges Bauwerk nicht ergehen darf.) „Stilllegung“ ist das Verbot, die Anlage weiter zu betreiben, also nichts anderes als eine Untersagung; die unterschiedlichen Formulierungen von Abs. 1 und Abs. 2 sind entstehungsgeschichtlich bedingt.

In atypische Fällen besteht ein Ermessen („soll“). Nach h.M. handelt es sich z.B. um einen atypischen Fall, wenn die Anlage offensichtlich genehmigungsfähig, also eindeutig materiell rechtmäßig ist. Eine Stilllegung ist dann regelmäßig auch ermessensfehlerhaft. Bei Gefährdung von Allgemeinheit und Nachbarschaft sind keine Ausnahmen zulässig, § 20 Abs. 2 S. 2 BImSchG.

(5) Ob § 20 BImSchG – mit seinen engeren Tatbestandsvoraussetzungen – als *lex specialis* die polizeirechtliche Generalklausel verdrängt, ist umstritten<sup>69</sup>. Ein Rückgriff auf diese bleibt jedenfalls möglich bei Gefahr im Verzug, wobei dann aber ggf. nur vorläufige Maßnahmen getroffen werden dürften<sup>70</sup>.

### **cc) Widerruf der Genehmigung, § 21 BImSchG**

Nach § 21 BImSchG kann eine rechtmäßige Genehmigung widerrufen werden. § 21 BImSchG ist *lex specialis* zu § 49 VwVfG, ohne dass allerdings inhaltlich Unterschiede bestünden. Die Aufhebung rechtswidriger Genehmigungen bestimmt sich demgegenüber nach der allgemeinen Rücknahmevorschrift des § 48 VwVfG.

(1) Widerrufsgründe, § 21 Abs. 1 BImSchG:

Widerrufsvorbehalt (Nr. 1), Nichterfüllung einer Auflage (Nr. 2), nachträglich eingetretene Tatsachen, die die Genehmigungsvoraussetzungen entfallen lassen (Nr. 3), nachträgliche Rechtsänderungen (Nr. 4) oder schwere Nachteile für das Gemeinwohl (Nr. 5).

(2) Widerrufsfrist, § 21 Abs. 2 BImSchG:

Binnen Jahresfrist nach Kenntniserlangung über die den Widerruf rechtfertigenden Tatsachen.

(3) Folgen:

Gemäß § 21 Abs. 4 BImSchG ist in den Fällen des § 21 Abs. 1 Nr. 3-5 der Betreiber zu entschädigen. Der Rechtsweg führt insoweit nach § 21 Abs. 6 BImSchG vor die Zivilgerichte.

### **3. Recht der nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen**

Errichtung und Betrieb nicht genehmigungsbedürftiger Anlagen sind in den §§ 22-25 BImSchG geregelt.

Erfasst werden alle Anlagen i.S.v. § 3 Abs. 5 BImSchG<sup>71</sup>, die – aufgrund ihrer geringeren Umweltgefährlichkeit – nicht durch § 4 Abs. 1 BImSchG i.V.m. der 4. BImSchV der Genehmigungspflicht unterworfen werden.

Bsp.: Autowaschstraße, Werkstatt, Bauhof, Biergarten, Sportplatz, Kinderspielplatz, Schulhof, Grillplatz, Fußballstadion, Diskothek, Kirchenglocke, Feueralarmsirene, Wertstoffsammelbehälter

<sup>69</sup> Dagegen etwa BVerwGE 55, 118 (120 ff.), dafür etwa Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 20 Rn. 2 m.w.N.

<sup>70</sup> Jarass, a.a.O., Rn. 3.

<sup>71</sup> Dazu oben III.1, S. 12.

ter, Himmelsstrahler („Skybeamer“), Flutlichtanlage, Mobilfunksendemast<sup>72</sup>, Rasenmäher, Hochspannungsleitung, Steinbruch, Windkraftanlage bis zu einer Gesamthöhe von 50 Metern.

#### a) Betreiberpflichten, § 22 BImSchG

(1) § 22 Abs. 1 BImSchG enthält die Betreiber- bzw. Grundpflichten für die Errichtung und den Betrieb nicht genehmigungsbedürftiger Anlagen. Sie sind in gleicher Weise wie die des § 5 BImSchG als dynamische Dauerpflichten ausgestaltet.

Danach sind nicht genehmigungsbedürftige Anlagen so zu errichten und zu betreiben, dass

- schädliche Umwelteinwirkungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind (Nr. 1, Verhinderungsgebot),
- nach dem Stand der Technik unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen auf ein Mindestmaß beschränkt werden (Nr. 2, Minimierungsgebot) und
- die beim Betrieb der Anlagen entstehenden Abfälle ordnungsgemäß beseitigt werden können (Nr. 3, Abfallbeseitigungsgebot).

Für nicht gewerbliche und nicht im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen Verwendung findende Anlagen gelten Verhinderungs- und Minimierungsgebot aus kompetenzrechtlichen Gründen<sup>73</sup> gemäß § 22 Abs. 1 S. 3 nur im Hinblick auf schädliche Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen oder Geräusche.

(2) Im Vergleich zu § 5 BImSchG sind die Betreiberpflichten des § 22 Abs. 1 BImSchG durch folgende Besonderheiten gekennzeichnet:

- Anders als in § 5 Abs. 1 S. 1 BImSchG wird in § 22 Abs. 1 BImSchG nicht zwischen Schutz und Vorsorge differenziert. Vielmehr sind schädliche Umwelteinwirkungen in Abhängigkeit vom Stand der Technik entweder zu verhindern oder auf ein Mindestmaß zu reduzieren.

Die h.M. deutet § 22 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 u. 2 BImSchG deshalb so, dass es hier nur um Schutz, also um Gefahrenabwehr geht. Verhinderungsgebot (Nr. 1) und Minimierungsgebot (Nr. 2) werden als Ausprägungen einer **einheitlichen Schutzpflicht** verstanden. Vorsorgeanforderungen können aber durch eine Rechtsverordnung gemäß § 23 BImSchG (vgl. ausdrücklich § 23 Abs. 1 S. 1 BImSchG) oder durch Landesrecht (vgl. § 22 Abs. 2 BImSchG) festgelegt werden.

- Die Schutzpflicht nach § 22 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 u. 2 BImSchG gilt im Unterschied zu der nach § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 BImSchG **nicht absolut**. Denn schädliche Umwelteinwirkungen durch nicht genehmigungsbedürftige Anlagen werden insoweit in Kauf genommen, als sie
  - nach dem Stand der Technik nicht vermeidbar sind (Nr. 1) und
  - auf ein Mindestmaß beschränkt bleiben (Nr. 2).

Zur Bestimmung des danach zulässigen Ausmaßes (Mindestmaßes) an schädlichen Umwelteinwirkungen gilt es sich vor Augen zu führen, dass das BImSchG vor dem Hinter-

---

<sup>72</sup> Der Betrieb ortsfester Funkanlagen ist nur zulässig, wenn für den vorgesehenen Standort eine Standortbescheinigung des Bundesnetzagentur vorliegt (§ 4 der Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder [BEMFV]; die BEMFV ist gestützt auf §§ 12, 16 Abs. 1 Nr. 3 des Gesetzes über Funkanlagen und Telekommunikationsendeinrichtungen [FTEG]). Diese wird erteilt, wenn die Sicherheitsabstände gewahrt sind, die für die Einhaltung der Grenzwerte nach der 26. BImSchV (Verordnung über elektromagnetische Felder) erforderlich sind (§§ 3, 5 BEMFV). Vgl. hierzu *Wehr*, BayVBl. 2006, 453 (454).

<sup>73</sup> Vgl. oben III.2.a), S. 14.

grund seiner Entwicklung aus dem Gewerberecht schwerlich geringere Anforderungen stellt als die polizeirechtliche Generalklausel. Deshalb sind *Gefahren* im Sinne des Polizeirechts, also hinreichend große Schadenswahrscheinlichkeiten, stets unzulässig (das Mindestmaß überschreitend) und daher abzuwehren<sup>74</sup>. Das findet seine Bestätigung in der Regelverpflichtung zu behördlichem Einschreiten nach § 25 Abs. 2 BImSchG.

Hingegen ist in dem Bereich, in dem das BImSchG über den klassischen Gefahrenbegriff des Polizeirechts hinausgeht und auch die Abwehr hinreichend wahrscheinlicher *erheblicher Nachteile und erheblicher Belästigungen* erfasst<sup>75</sup>, das zulässige Ausmaß (Mindestmaß) an schädlichen Umweltwirkungen durch eine *Abwägung* zu bestimmen: Die nachteiligen Wirkungen beim Betroffenen sind in Relation zu setzen zu den Betreiber- und Allgemeininteressen an der emittierenden Tätigkeit sowie dem für Abwehrmaßnahmen erforderlichen Aufwand<sup>76</sup>.

Bsp.: Danach ist z.B. das Geräusch einer Feuersirene zulässig, auch wenn sie zu erheblichen (Konkretisierung der Erheblichkeitsschwelle durch die TA Lärm) Belästigungen führt<sup>77</sup>. Gleiches gilt regelmäßig für z.B. von Spielplätzen ausgehenden Kinderlärm<sup>78</sup>.

- Die Schutzpflicht nach § 22 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 u. 2 BImSchG beschränkt sich auf die Abwehr schädlicher Umwelteinwirkungen. Sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen werden also – anders als bei § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 BImSchG – nicht erfasst, sondern bleibt weitergehenden öffentlich-rechtlichen Vorschriften i.S.v. § 22 Abs. 2 BImSchG vorbehalten (die Erfassung sonstiger Gefahren etc. in § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 BImSchG erklärt sich aus der Anknüpfung an die frühere gewerbe[polizei]rechtliche Genehmigung).
- Hinsichtlich der Abfälle wird nicht die abfallrechtliche Zieltrias von Vermeidung/Verwertung/Beseitigung vorgegeben (so aber § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 3 BImSchG), sondern nur die Ermöglichung der ordnungsgemäßen Beseitigung verlangt. Die Anforderungen des KrW-/AbfG zur Abfallvermeidung und -verwertung bzw. zu deren Vorrang vor der Abfallbeseitigung gelten gemäß § 9 KrW-/AbfG nicht.

(3) **Konkretisierungen** der Grundpflichten des § 22 Abs. 1 BImSchG finden sich in Rechtsverordnungen, die auf der Grundlage von § 23 BImSchG durch die Bundesregierung (Abs. 1) oder subsidiär durch die Landesregierungen (Abs. 2) erlassen werden. Durch derartige Rechtsverordnungen können zudem störfallbedingte sonstige Gefahren bekämpft sowie Vorsorgeanforderungen gegen schädliche Umwelteinwirkungen normiert werden (vgl. § 23 Abs. 1 S. 1 BImSchG).

Zu nennen sind

- die 1. BImSchV (Kleinfeuerungsanlagen-VO),

---

<sup>74</sup> Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 22 Rn. 38; Roßnagel, in: Koch/Scheuing (Hrsg.), GK BImSchG, Stand: Dez. 2006, § 22 Rn. 145, jew. m.w.N. Das gebietet auch die grundrechtliche Schutzpflicht des Staates zugunsten des Immissionsbetroffenen.

<sup>75</sup> Vgl. oben II.2.b), S. 8.

<sup>76</sup> Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 22 Rn. 39; Roßnagel, in: Koch/Scheuing (Hrsg.), GK BImSchG, Stand: Dez. 2006, § 22 Rn. 147 ff., jew. m.w.N.

<sup>77</sup> Vgl. etwa BVerwGE 79, 254 (260 ff.) – Feuersirene. Das Gericht stellt die umfassende Abwägung freilich – systematisch nicht überzeugend, vgl. oben II.2.b)dd), S. 10 – bereits im Rahmen der Beurteilung der Erheblichkeit der Immissionen an.

<sup>78</sup> Zur immissionsschutzrechtlichen Beurteilung von Kindergarten- und Kinderspielplatzlärm ausführlich Dietrich/Kahle, DVBl. 2007, 18 (20 ff.).

- die 2. BImSchV (VO zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen),
- die 7. BImSchV (VO zur Auswurfbegrenzung von Holzstaub),
- die 10. BImSchV (VO über die Beschaffenheit und Auszeichnung der Qualität von Kraftstoffen),
- die 12. BImSchV (Störfall-VO),
- die 18. BImSchV (Sportanlagenlärmschutz-VO),
- die 20. BImSchV (VO zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen beim Umfüllen und Lagern von Ottokraftstoffen),
- die 21. BImSchV (VO zur Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen bei der Betankung von Kraftfahrzeugen – Saugrüssel-VO),
- die 26. BImSchV (VO über elektromagnetische Felder),
- die 27. BImSchV (VO über Anlagen zur Feuerbestattung),
- die 31. BImSchV (VO zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung von Lösemitteln in bestimmten Anlagen),
- die 32. BImSchV (Geräte- und Maschinenlärmschutz-VO).

Ob und inwieweit eine durch Rechtsverordnung getroffene Regelung gegenüber den Grundpflichten des § 22 Abs. 1 BImSchG und landesrechtlichen Regelungen (vgl. § 23 Abs. 2 BImSchG) abschließend ist, ist durch Auslegung zu ermitteln. In der Regel ist das nicht der Fall (vgl. ausdrücklich § 19 der 1. BImSchV, § 5 der 7. BImSchV, § 6 der 26. BImSchV, § 13 der 27. BImSchV; für die 18. BImSchV ergibt sich ihr nicht abschließender Charakter insb. daraus, dass sie nur den Lärm von Sportanlagen berücksichtigt, nicht aber die Gesamtlärmbelastung unter Einschluss anderer Lärmquellen).

Neben den genannten Verordnungen ist die auf Grundlage von § 48 a Abs. 1 u. 3 BImSchG ergangene 22. BImSchV mit ihren Grenzwerten für Luftqualität zu beachten.

Zur Anwendung gelangen schließlich die TA Luft (uneingeschränkt hinsichtlich ihrer Beurteilungsmaßstäbe, eingeschränkt hinsichtlich ihrer Ermittlungsgrundsätze, vgl. Nr. 1 TA Luft) und die TA Lärm (mit Ausnahme von Sportanlagen [die der 18. BImSchV unterliegen] und einigen anderen Anlagenarten, vgl. Nr. 1 TA Lärm).

(4) Die Bedeutung der Betreiberpflichten aus § 22 BImSchG erschöpft sich nicht darin, dass zu ihrer Durchsetzung Einzelfallanordnungen und Untersagungen gemäß §§ 24, 25 BImSchG getroffen werden können. Bestehen für immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungsbedürftige Anlagen nach anderen Gesetzen Genehmigungs-, Erlaubnis oder Zulassungsverfahren, die für die Anforderungen des § 22 BImSchG offen sind, dann sind diese Anforderungen bereits **bei der fachgesetzlichen Zulassung zu berücksichtigen**. Die Zulassung ist dann, wenn die Anlage diese Anforderungen nicht erfüllt, zu versagen oder nur mit Einschränkungen, z.B. Auflagen, die den Standard des § 22 BImSchG sichern, zu erteilen. Insb. im Baugenehmigungsverfahren finden § 22 BImSchG und die ihn konkretisierenden Rechtsvorschriften als „sonstige von der Baurechtsbehörde zu prüfende öffentlich-rechtliche Vorschriften“ i.S.v. § 58 Abs. 1 S. 1 LBO BW Berücksichtigung.

##### (5) **Konkurrenzen:**

(a) Das Verhältnis von §§ 22 f. BImSchG zu sonstigem *Bundesrecht*, das immissionsschutzrechtliche Anforderungen an Anlagen stellt, ist im Einzelfall durch Auslegung zu ermitteln. § 22 Abs. 2 BImSchG, wonach weitergehende öffentlich-rechtliche Vorschriften unberührt bleiben, hilft hier kaum weiter, weil er seinerseits der *Lex-posterior*-Regel sowie der *Lex-specialis*-Regel unterliegt. Wegen des umfassenden Geltungsanspruchs des BImSchG dürfte im Zweifel von einem Nebeneinander von § 22 f. BImSchG und den konkurrierenden Vorschriften auszugehen sein. Es sind also die Anforderungen beider Rechtsgebiete, bei gleichartigen Anforderungen die jeweils strengerer beachtlich. Demgemäß spricht sich die h.M. für ein Nebeneinander von § 22 f. BImSchG und Gaststättenrecht (§§ 4 Abs. 1 S. 1 Nr. 3, 5 Abs. 1 Nr. 3 GastG) aus<sup>79</sup>. Im Verhältnis zu §§ 34 f. BauGB konkretisieren §§ 22 f. BImSchG das zulässige Immissionsniveau („Sich-Einfügen“ nach § 34 BauGB; str. für § 35 BauGB, der – jedenfalls dem Wortlaut nach – für nicht privilegierte Vorhaben in Abs. 2 und Abs. 3 S. 1 Nr. 3 ein striktes Verbot schädlicher Umwelteinwirkungen zu postuliert, also keine Beschränkung durch den Stand der Technik und ein zulässiges Mindestmaß vorsieht)<sup>80</sup>.

(b) Umstritten ist das Verhältnis der §§ 22 f. BImSchG zum *Landesrecht*. Klargestellt werden sollte dieses Verhältnis durch § 22 Abs. 2 BImSchG, wonach weitergehende öffentlich-rechtliche Vorschriften – auch und gerade des Landesrechts – unberührt bleiben. Wie diese Vorschrift zu verstehen ist, ist gleichwohl umstritten.

Der Wortlaut legt ein Verständnis nahe, dass landesrechtliche Vorschriften, die im Vergleich zu § 22 Abs. 1 BImSchG (hinsichtlich Anforderungsniveau und/oder Detaillierungsgrad) weiter reichende Anforderungen vorsehen, zulässig sein sollen.

Dieser Deutung wird teilweise aber entgegengehalten, das BImSchG sei im Verhältnis zum Landesrecht abschließend. Die Klarstellung des § 22 Abs. 2 BImSchG beziehe sich deshalb nur auf landesrechtliche Regelungen außerhalb des Anwendungsbereichs des § 22 Abs. 1 BImSchG, also auf nicht anlagenbezogene (sondern verhaltensbezogene) Regelungen bzw. Regelungen zu Fragen, die nach § 22 Abs. 1 S. 3 BImSchG vom Geltungsbereich des BImSchG ausgenommen sind. Das BImSchG enthalte in §§ 23 Abs. 2, 49 Abs. 1-3 spezielle Vorbehaltsvorschriften zugunsten anlagenbezogener landesrechtlicher Regelungen, die keinen Sinn machten, wenn man weiter reichendes Landesrecht bereits nach § 22 Abs. 2 BImSchG für generell zulässig hielte.

Die wohl h.M. bejaht dagegen mit Recht die Zulässigkeit weitergehender anlagenbezogener Regelungen der Länder unter Berufung auf den Wortlaut des § 22 Abs. 2 BImSchG und dessen Entstehungsgeschichte. Durch die vom Bundesrat veranlasste Einfügung von Abs. 2 sollte den Ländern gerade die Möglichkeit weitergehender Regelungen offen gehalten werden. Auch der Schutzzweck des § 1 BImSchG legt diese länderfreundliche Deutung nahe. Nach der Gegenauffassung wäre zudem § 22 Abs. 2 BImSchG überflüssig, weil es keinen Sinn macht, das Fehlen von Berührungspunkten zur Anknüpfung einer Unberührtheitsklausel zu machen. Was das Verhältnis von § 22 Abs. 2 BImSchG zu den speziellen Vorbehaltsvorschriften der §§ 23 Abs. 2, 49 Abs. 1-3 BImSchG angeht, ist das von der Gegenmeinung durchaus zu Recht konstatierte Spannungsverhältnis der Tatsache geschuldet, dass die Vorschrift des § 22 Abs. 2 BImSchG im Gesetzgebungsverfahren erst nachträglich eingefügt

---

<sup>79</sup> Roßnagel, in: GK-BImSchG, Stand: Okt. 2001, § 22 Rn. 171 ff.; Schmidt/Kahl, Umweltrecht, 7. Aufl. 2006, § 3 Rn. 126.

<sup>80</sup> Vgl. hierzu Roßnagel, in: GK-BImSchG, Stand: Okt. 2001, § 22 Rn. 166 ff. m.w.N. Offen gelassen von BVerwGE 129, 209 (218, Rn. 35).

wurde. Gleichwohl behalten die genannten Vorschriften auch nach der hier vertretenen Auffassung eine eigenständige Bedeutung, weil § 22 Abs. 2 BImSchG weder eine Verordnungs-ermächtigung darstellt (§§ 23 Abs. 2, 49 Abs. 1 u. 2 BImSchG insoweit also erforderlich sind), noch ihm ohne weiteres entnommen werden kann, dass er auch den Erlass ortsrechtlicher Vorschriften erfasst (zumindest klarstellende Funktion von § 49 Abs. 3 BImSchG).

Bsp.: Deshalb sind die Verbote ruhestörenden Lärms in den Landes-Immissionsschutzgesetzen (z.B. § 9 LImSchG NW) wirksam, obwohl sie auch für Lärm durch nicht genehmigungsbedürftige Anlagen gelten und sich entgegen § 22 BImSchG nicht auf das nach dem Stand der Technik Vermeidbare oder ein Mindestmaß beschränken.

Der VGH Mannheim<sup>81</sup> hat eine auf § 10 Abs. 1 i.V.m. § 1 Abs. 1 PolG BW gestützte Polizeiverordnung zum besonderen Schutz des Bäder- und Kurbereichs, die u.a. das Verbot regelte, zu bestimmten Zeiten Maschinen und Geräte zu verwenden, die ruhestörenden Lärm erzeugen, für nichtig erklärt.

Die Verordnung verstoße gegen das BImSchG, das die anlagenbezogene Lärmbekämpfung abschließend regelt, und sei deshalb von § 10 Abs. 1 i.V.m. § 1 Abs. 1 PolG BW nicht gedeckt. § 22 Abs. 2 BImSchG enthalte keine Öffnung für Landesrecht, das über § 22 Abs. 1 BImSchG hinausgehende Anforderungen stellt (str., s.o.). Auch § 49 Abs. 3 BImSchG – der weitergehende anlagenbezogene Vorschriften grundsätzlich deckt<sup>82</sup> – ermächtige nicht zu ortspolizeilichen, auf die Generalermächtigung gestützten Verordnungen, weil nach dieser Vorschrift nur landesrechtliche Ermächtigungen vom BImSchG unberührt blieben, „die Regelungen zum Schutz der Bevölkerung vor schädlichen Umwelteinwirkungen“ zum Gegenstand hätten, also spezifisch immissionsschutzrechtlich ausgerichtet seien (str.). Dies sei aber bei der polizeirechtlichen Generalermächtigung nicht der Fall. § 19 Abs. 1 KurorteG BW war als Ermächtigungsgrundlage nicht zu prüfen, weil die Rechtsverordnung insoweit bereits wegen Verstoßes gegen das Zitiergebot gemäß Art. 61 Abs. 1 S. 3 LVerf BW, § 12 Abs. 1 Nr. 1 PolG BW nichtig war.

## **b) Eingriffsbefugnisse**

Zur Durchsetzung der Grundpflichten des § 22 Abs. 1 BImSchG stehen der zuständigen Behörde das Instrument der Einzelfallanordnung nach § 24 BImSchG sowie das der Betriebsuntersagung nach § 25 BImSchG zur Verfügung.

### **aa) Anordnungen im Einzelfall, § 24 BImSchG**

(1) Gemäß § 24 S. 1 BImSchG kann die zuständige Behörde im Einzelfall die zur Durchführung des § 22 BImSchG und der auf das BImSchG gestützten Rechtsverordnungen erforderlichen Anordnungen treffen.

Aufgrund des dynamischen Charakters der Grundpflichten können insb. auch nachträglich verschärfte Anforderungen an den Anlagenbetrieb durchgesetzt werden<sup>83</sup>. Das gilt auch, wenn die Anlage durch eine bestandskräftige Baugenehmigung gedeckt ist. Deren Bindungswirkung (materielle Bestandskraft) erstreckt sich nur auf immissionsschutzrechtliche Belange, die im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens geprüft und zum Genehmigungsinhalt wurden.

Nachträgliche Anordnungen stehen im Ermessen der Behörde („kann“). Eine Ermessensgrenze ergibt sich aus § 24 S. 2 BImSchG, wonach Arbeitsschutzanordnungen (z.B. nach § 22 Abs. 3 ArbSchG) bei gleicher Eignung in der Regel („soll“) vorrangig anzuordnen sind. Ein Verstoß gegen § 24 S. 2 BImSchG macht die Anordnung nach h.M. aber nicht rechtswidrig (zw.).

---

<sup>81</sup> NVwZ 1998, 764 ff.

<sup>82</sup> Vgl. hierzu VGH Mannheim, NuR 2005, 317 (318).

<sup>83</sup> Vgl. bereits oben III.2.b)bb), S. 15 zu § 5 BImSchG und III.2.g)aa), S. 35 zu § 17 BImSchG.

(2) Ob die Instrumente zum Vollzug des materiellen Immissionsschutzrechts auch bei **hoheitlich betriebenen Anlagen** zum Einsatz gelangen dürfen, war lange umstritten. Betreibt z.B. eine Gemeinde eine öffentliche Einrichtung in öffentlich-rechtlicher Form (Bsp.: Schwimmbad), stellt sich die Frage, ob die Immissionsschutzbehörde im Wege der Einzelfallanordnung nach § 24 BImSchG gegen die durch den Betrieb der Einrichtung verursachten schädlichen Umwelteinwirkungen (Lärm, Geruch) vorgehen kann. Aus der Perspektive des betroffenen Nachbarn ist zu fragen, ob er darauf verwiesen bleibt, gegen die Gemeinde im Wege einer Unterlassungsklage vorzugehen, oder ob er zugleich auch ein behördliches Einschreiten nach § 24 BImSchG verlangen und ggf. klageweise erzwingen kann.

Allgemein anerkannt ist allerdings, dass auch hoheitlich betriebene Anlagen den materiell-rechtlichen Anforderungen des BImSchG unterliegen. Das folgt aus §§ 2, 3 Abs. 5 BImSchG, die keine entsprechende Einschränkung vorsehen, zudem aus einem Umkehrschluss aus §§ 10 Abs. 11, 59, 60 BImSchG, weil die dort normierten Sondervorschriften für Anlagen der Landesverteidigung sonst überflüssig wären. Im Übrigen entspricht dieses Ergebnis einem allgemeinen Grundsatz des Polizei- und Ordnungsrechts (materielle Polizeipflicht von Hoheitsträgern).

Fraglich ist aber, ob auch das immissionsschutzrechtliche Instrumentarium zur Durchsetzung der materiellen Verpflichtungen gegenüber Hoheitsträgern zur Anwendung kommt. Gegen eine Befugnis der Immissionsschutzbehörden zum Erlass von Anordnungen gegenüber hoheitlichen Anlagenbetreibern wird vorgebracht, es entspreche einem allgemeinen Grundsatz des Sicherheitsrechts, dass allein die jeweilige juristische Person des öffentlichen Rechts, in deren Kompetenzen- und Aufgabenbereich sich Gefahren ergeben haben, berechtigt und verpflichtet sei, diese Gefahren durch eigene Maßnahmen zu bekämpfen (keine formelle Polizeipflicht von Hoheitsträgern)<sup>84</sup>. Im Erlass einer immissionsschutzrechtlichen Anordnung liege daher ein verbotener Eingriff in den Aufgabenbereich eines selbständigen Verwaltungsträgers. Dem ist das BVerwG<sup>85</sup> zu Recht entgegengetreten mit Hinweis auf

- den Gesetzwortlaut: die Eingriffsermächtigungen des BImSchG differenzieren nicht nach der Rechtsform, in der die Anlagen betrieben werden;
- die Gesetzessystematik: dass auch hoheitlich betriebene Anlagen dem Gesetzesvollzug durch die Immissionsschutzbehörden unterfallen, ergibt sich im Gegenschluss aus §§ 10 Abs. 11, 59, 60 BImSchG;
- die Entstehungsgeschichte: nach der im Gesetzgebungsverfahren geäußerten und unwidersprochen gebliebenen Auffassung des Bundesrates sollten Anlagen der öffentlichen Hand sowohl in materieller als auch in formeller Hinsicht den privaten Anlagen gleichgestellt werden;
- den Sinn und Zweck des Gesetzes: die Anordnungsbefugnisse dienen der Konkretisierung und Durchsetzung der Betreiberpflichten; die effektive Wahrnehmung dieser Aufgaben erfordert besondere technische Kenntnisse der Bediensteten sowie eine sachangemessene personelle und sachliche Ausstattung der zuständigen Behörde; im Hinblick hierauf sind die Immissionsschutzbehörden anderen Verwaltungsbehörden aber typischerweise überlegen<sup>86</sup>.

(3) Die Anordnungsermächtigung des § 24 BImSchG konkurriert mit den den Immissionsschutz einbeziehenden Anordnungs- und Auflagenermächtigungen in anderen Gesetzen (z.B.

---

<sup>84</sup> Vgl. hierzu *Würtenberger/Heckmann*, Polizeirecht BW, 6. Aufl. 2005, Rn. 491 m.w.N.

<sup>85</sup> BVerwGE 117, 1 ff.

<sup>86</sup> *Würtenberger/Heckmann*, Polizeirecht BW, 6. Aufl. 2005, Rn. 491, verallgemeinern diese Überlegung und plädieren dafür, den Vollzug des Gefahrenabwehrrechts auch im Übrigen, also jenseits des BImSchG den Gefahrenabwehrbehörden zu belassen, m.a.W. andere Hoheitsträger als formell polizeipflichtig anzusehen. In diesem Sinne auch *Scheidler*, LKV 2008, 300 (302 f.).



§§ 5 Abs. 1 Nr. 3 GastG, 47 Abs. 1 S. 2 LBO) und wird von diesen weder verdrängt, noch schließt er umgekehrt die Anwendbarkeit anderer Eingriffsnormen aus (i.e. str.)<sup>87</sup>. Ob § 24 BImSchG in seinem Anwendungsbereich als *lex specialis* die polizeirechtliche Generalklausel verdrängt, ist umstritten<sup>88</sup>. Jedenfalls bei Gefahr im Verzug sowie bei von § 24 BImSchG nicht erfassten (sonstigen, also nicht immissionsbedingten) Gefahren kommt die Generalklausel zur Anwendung<sup>89</sup>.

#### **bb) Untersagung, § 25 BImSchG**

(1) Kommt der Anlagenbetreiber einer vollziehbaren Anordnung nach § 24 S. 1 BImSchG nicht nach, so kann die zuständige Behörde den Betrieb der Anlage ganz oder teilweise bis zur Erfüllung der Anordnung untersagen, § 25 Abs. 1 BImSchG.

§ 25 Abs. 1 a S. 1 BImSchG verpflichtet die Behörde zur Untersagung der Inbetriebnahme oder Weiterführung der Anlage zur Verhinderung oder Begrenzung von Störfällen. Nach § 25 Abs. 1 a S. 2 BImSchG kann die Inbetriebnahme oder Weiterführung der Anlage untersagt werden, wenn der Betreiber seinen Informationspflichten nach der 12. BImSchV (Störfall-VO) nicht nachkommt.

Eine Regelverpflichtung („soll“) zur teilweisen oder vollständigen Untersagung der Errichtung oder des Betriebs der Anlage besteht schließlich gemäß § 25 Abs. 2 BImSchG für den Fall, dass durch die Anlage schädliche Umwelteinwirkungen hervorgerufen werden, die das Leben oder die Gesundheit von Menschen oder bedeutende Sachwerte gefährden und die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft nicht auf andere Weise ausreichend geschützt werden kann.

(2) Untersagungsermächtigungen nach anderen Gesetzen (z.B. § 15 Abs. 3 Geräte- und Produktsicherheitsgesetz; § 22 Abs. 3 S. 3 ArbSchG) sind neben § 25 BImSchG anwendbar. Das gilt auch für die polizeirechtliche Generalklausel, und zwar nach überwiegender Auffassung auch insoweit, als es um die Abwehr immissionsbedingter Gefahren geht<sup>90</sup>. Denn zwar enthält § 25 Abs. 2 BImSchG strengere Voraussetzungen als die Generalklausel; die Vorschrift legt aber nur fest, wann die Behörde eingreifen *soll*, wohingegen aus der Generalklausel folgt, wann die Behörde eingreifen *darf*. Eine Privilegierung nicht genehmigungsbedürftiger Anlagen gegenüber anderen Gefahrenquellen bezweckt § 25 Abs. 2 BImSchG nicht.

### **4. Rechtsschutzfragen**

#### **a) Rechtsschutz bei genehmigungsbedürftigen Anlagen**

##### **aa) Rechtsschutz des Antragstellers**

Wird die Genehmigung verweigert, kann der Antragsteller nach Durchführung des Vorverfahrens Verpflichtungsklage erheben. Er hat einen Rechtsanspruch auf Erteilung der Genehmigung, wenn die formellen und materiellen Genehmigungsvoraussetzungen gegeben sind.

---

<sup>87</sup> Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 24 Rn. 2; Koch, in: GK-BImSchG, Stand: Okt. 2004, § 24 Rn. 50; Schmidt/Kahl, Umweltrecht, 7. Aufl. 2006, § 3 Rn. 127 f.

<sup>88</sup> Vgl. Hansmann, in: Landmann/Rohmer, Umweltrecht Bd. 1, Stand: März 1998, § 24 BImSchG Rn. 9; Schmidt/Kahl, Umweltrecht, 7. Aufl. 2006, § 3 Rn. 129, jew. m.w.N.

<sup>89</sup> Hansmann, in: Landmann/Rohmer, Umweltrecht Bd. 1, Stand: März 1998, § 24 BImSchG Rn. 9; Koch, in: GK-BImSchG, Stand: Okt. 2004, § 24 Rn. 51; Schmidt/Kahl, Umweltrecht, 7. Aufl. 2006, § 3 Rn. 129.

<sup>90</sup> BVerwGE 55, 118 (122); Hansmann, in: Landmann/Rohmer, Umweltrecht Bd. 1, Stand: März 1999, § 25 BImSchG Rn. 8; Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 25 Rn. 18; Koch, in: GK-BImSchG, Stand: Okt. 2004, § 25 Rn. 52.

Hinzuweisen ist auf die Sonderregelung über die vereinfachte Klageerhebung nach § 14a BImSchG, wonach der sofortige Klageweg zum Verwaltungsgericht eröffnet wird, wenn Widerspruch erhoben und hierüber nicht innerhalb von drei Monaten entschieden worden ist. Der Unterschied zu § 75 VwGO besteht darin, dass eine Verlängerungsmöglichkeit über die drei Monate hinaus im Falle des § 14a BImSchG nicht gegeben ist.

Bei „Zusätzen“ zu einer immissionsschutzrechtlichen Genehmigung handelt es sich regelmäßig nicht um eine (echte) Nebenbestimmung i.S.v. § 12 BImSchG, sondern um eine sog. modifizierende Auflage bzw. eine Inhaltsbestimmung<sup>91</sup>. Infolgedessen ist auch insofern zumeist im Wege der Verpflichtungsklage vorzugehen.

### **bb) Rechtsschutz des Nachbarn**

Anerkanntermaßen kann der Nachbar eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung anfechten, die § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 BImSchG verletzt. Nach neuerer und wohl zutreffender Auffassung ist dies auch bei einem Verstoß gegen § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 2 BImSchG möglich, soweit es um die Reduzierung von Risiken unterhalb der Gefahrenschwelle und oberhalb des unausweichlichen Restrisikos geht<sup>92</sup>. Darüber hinaus kommt eine Nachbarklage bei Verstößen gegen sonstige drittschützende Normen des öffentlichen Rechts in Betracht. Denn wegen § 6 Abs. 1 Nr. 2 BImSchG wird eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung am Maßstab des gesamten öffentlichen Rechts gemessen. Insofern spielen drittschützende Baurechtsnormen sowohl in der Praxis als auch in der Klausur eine große Rolle.

Eine Verpflichtungsklage hat in den Fällen Aussicht auf Erfolg, in denen ein Dritter

- von der zuständigen Behörde
- den Erlass einer an den Anlagenbetreiber zu richtenden Verfügung zur Durchsetzung drittschützender Normen begehrt und
- die Behörden den hierauf gerichteten Antrag schon abgelehnt haben.

Begehrte Verfügungen könnte z.B. eine nachträgliche Anordnung nach § 17 Abs. 1 S. 2 BImSchG, eine Betriebsuntersagung nach § 20 Abs. 2 S. 2 BImSchG oder ein Widerruf nach § 21 BImSchG sein.

### **cc) Maßgeblicher Zeitpunkt für die Beurteilung der Sach- und Rechtslage**

Maßgeblicher Beurteilungszeitpunkt ist bei der Anfechtungsklage der Zeitpunkt der letzten Behördenentscheidung, bei der Verpflichtungsklage hingegen der Zeitpunkt der letzten mündlichen Verhandlung.

### **b) Nachbarschutz bei nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen**

Nachbarn können Baugenehmigungen etc. wegen Verstoßes gegen § 22 Abs. 1 Nr. 1 oder Nr. 2 BImSchG anfechten.

Auch kann nach Maßgabe dieser Vorschriften i.V.m. § 24 BImSchG auf Erlass von Schutzanordnungen geklagt werden. Insoweit besteht freilich nur ein Anspruch auf ermessensfehlerfreie Entscheidung.

Im Falle des § 25 Abs. 2 BImSchG besteht in der Regel ein gebundener Anspruch auf Erlass einer Schutzanordnung. Im Unterschied zu § 24 BImSchG ist § 25 Abs. 2 BImSchG selbst unmittelbar drittschützend.

---

<sup>91</sup> Vgl. oben III.2.d)aa), S. 30.

<sup>92</sup> Vgl. oben III.2.b)bb)(3), S. 23.

Unmittelbar gegen einen privaten Emittenten kann der Nachbar auch zivilrechtlich, z.B. nach §§ 1004, 906 BGB, eine Unterlassungsklage erheben (§ 14 BImSchG gilt nur für genehmigungsbedürftige Anlagen). Diese Möglichkeit eines direkten Vorgehens gegen den Emittenten lässt nicht das allgemeine Rechtsschutzbedürfnis einer Klage gegen den Träger der Immissionsschutzbehörde entfallen, weil der verwaltungsrechtliche Rechtsschutz in verschiedener Hinsicht vorteilhafter ist (Untersuchungsgrundsatz, geringeres Kostenrisiko), vor allem aber weil das jeweilige subjektive öffentliche Recht gerichtlich durchsetzbar sein muss (Art. 19 Abs. 4 S. 1 GG)<sup>93</sup>. Ein quasi-negatorischer Anspruch auf Unterlassung weiterer Verstöße gegen nachbarschützende öffentlich-rechtliche Schutzgesetze und Beseitigung der Folgen eines Verstoßes ergibt sich aus §§ 823 Abs. 2, 1004 I 2 BGB analog. Das auch dann, wenn die Voraussetzungen des § 906 BGB nicht gegeben sind. Auf diese Weise ist eine zivilrechtliche Durchsetzung behördlicher Immissionsschutzauflagen möglich, weil die Zivilgerichte an den das zugrundeliegende Schutzgesetz konkretisierenden Verwaltungsakt gebunden sind<sup>94</sup>.

### **c) Nachbarschutz bei hoheitlich betriebenen Anlagen**

Wird eine Anlage von einem Hoheitsträger in öffentlich-rechtlicher Form betrieben, stehen dem Nachbarn nach zutreffender Auffassung zwei Möglichkeiten zur Verfügung:

(1) Er kann unmittelbar gegen den Anlagenbetreiber einen öffentlich-rechtlichen Immissionsabwehranspruch im Wege der allgemeinen Leistungsklage geltend machen.

Rechtsgrundlage für diesen Anspruch ist nach ganz h.M. allerdings nicht unmittelbar § 22 BImSchG (bzw. § 5 BImSchG), auch wenn diese Norm ein subjektives öffentliches Recht begründet. Denn die §§ 22 ff. BImSchG (wie auch die §§ 4 ff. BImSchG) begründen Rechte bzw. Befugnisse und Pflichten lediglich im Verhältnis zwischen der für die Genehmigung und Überwachung emittierender Anlagen zuständigen Behörde und dem Errichter und Betreiber der Anlage einerseits sowie – soweit die Vorschriften drittschützend sind – zwischen Behörden und Drittbetroffenen andererseits. Sie begründen hingegen keine Duldungs- und Abwehrpflichten im unmittelbaren Nachbarschaftsverhältnis zwischen Störer und Gestörtem, und zwar auch dann nicht, wenn der Störer ein Hoheitsträger ist<sup>95</sup>.

Rechtsgrundlage ist der allgemeine öffentlich-rechtliche Unterlassungs- bzw. Folgenbeseitigungsanspruch. Ob dieser aus der Abwehrfunktion der Grundrechte (hier: Art. 2 Abs. 2 S. 1, 14 Abs. 1 GG) oder aus einer Analogie zu §§ 1004, 906 BGB herzuleiten oder gewohnheitsrechtlich zu begründen ist, ist umstritten. Das kann aber dahinstehen, da die Existenz eines derartigen Anspruchs allgemein anerkannt ist.

(2) Nach zutreffender Auffassung kann der Nachbar zudem ein Einschreiten der Immissionsschutzbehörden nach §§ 17, 20 f., 24 f. BImSchG verlangen und ggf. im Wege der Verpflichtungsklage durchsetzen<sup>96</sup>.

---

<sup>93</sup> Schmidt/Kahl, Umweltrecht, 7. Aufl. 2006, § 3 Rn. 123 m.w.N.

<sup>94</sup> BGHZ 122, 1 (3 ff.).

<sup>95</sup> Vgl. etwa BVerwGE 79, 254 (257); Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 22 Rn. 70 m.w.N. A.A. aber Seiler, Die Rechtslage der nichtgenehmigungsbedürftigen Anlagen im Sinne von §§ 22 ff. Bundes-Immissionsschutzgesetz, 1985, S. 94 f.

<sup>96</sup> Vgl. oben III.3.b)aa), S. 44.

## **IV. Produktbezogener Immissionsschutz**

Die Vorschriften des dritten Teils des BImSchG (§§ 32-37) ermächtigen die Bundesregierung zum Erlass von Rechtsverordnungen mit produktbezogenem Inhalt. Bereits auf der Stufe der Produktion von Massen- und Serienprodukten soll durch Anforderungen an die Beschaffenheit sowie die Produktherstellung als Vorgang ein möglichst frühzeitiger Immissionsschutz erfolgen.

Ergangen sind etwa

- die 3. BImSchV (VO über den Schwefelgehalt bestimmter flüssiger Kraft- oder Brennstoffe),
- die 10. BImSchV (VO über die Beschaffenheit und Auszeichnung der Qualität von Kraftstoffen),
- die 32. BImSchV (Geräte- und Maschinenlärmschutz-VO).

## **V. Verkehrsbezogener Immissionsschutz**

Im vierten Teil des BImSchG (§§ 38-43) finden sich zum verkehrsbezogenen Immissionsschutz Vorschriften über

- die Beschaffenheit und den Betrieb von Fahrzeugen (§§ 38 f. BImSchG; Fahrzeuge unterfallen hinsichtlich der verkehrsbedingter Emissionen nicht dem anlagenbezogenen Immissionsschutzrecht, vgl. § 3 Abs. 5 Nr. 2 BImSchG),
- Verkehrsbeschränkungen (§ 40 BImSchG) sowie
- den Bau und die Änderung von Straßen- und Schienenwegen (§§ 41-43 BImSchG; vgl. hierzu auch die 16. BImSchV – Verkehrslärmschutz-VO).

Andere Vorschriften zum verkehrsbezogenen Immissionsschutz finden sich im Straßen- und Straßenverkehrsrecht (StVO, StVZO, FStrG, StrG BW), dem AEG und dem LuftVG.

## **VI. Gebietsbezogener Immissionsschutz**

Der fünfte und der sechste Teil des BImSchG (§§ 44 bis 47f) dienen dem gebiets- bzw. raumbezogenen Immissionsschutz. Die Quelle der Immissionen spielt hier also im Ansatz keine Rolle. Durch ein abgestimmtes, planvolles Vorgehen sollen schädliche Umwelteinwirkungen in Form von Luftverunreinigungen (§§ 44 bis 47 BImSchG) sowie Lärm (§§ 47a bis 47f BImSchG) bekämpft werden, insb. durch die Aufstellung von Luftreinhalte- und Aktionsplänen bzw. die Ausarbeitung von Lärmkarten und die Aufstellung von Lärmaktionsplänen.

Von besonderer Bedeutung sowohl für die behördliche als auch für die verwaltungsgerichtliche Praxis ist derzeit das Luftqualitätsrecht (Stichwort: Feinstaub). Hierauf soll im Folgenden näher eingegangen werden<sup>97</sup>.

---

<sup>97</sup> Zur Lärminderungsplanung sei auf die Beiträge von *Cancik*, ZUR 2007, 169 ff., *Scheidler*, UPR 2005, 334 ff. sowie *Söhnlein*, NuR 2006, 276 ff. verwiesen.

## 1. Europarechtlicher Hintergrund

Das deutsche Luftqualitätsrecht dient insb. der Umsetzung der Luftqualitätsrahmenrichtlinie der EG sowie ihrer Tochterrichtlinien<sup>98</sup>. Im Einzelnen:

- Richtlinie 96/62/EG des Rates vom 27. 9. 1996 über die Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität (Luftqualitätsrahmenrichtlinie), Abl. EG Nr. L 296, S. 55;
- vier Tochterrichtlinien:
  - Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22. 4. 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft, Abl. EG Nr. L 163, S. 41;
  - Richtlinie 2000/69/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 16. 11. 2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft, Abl. EG Nr. L 313, S. 12;
  - Richtlinie 2002/3/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 12. 2. 2002 über den Ozongehalt der Luft, Abl. EG Nr. L 67, S. 14;
  - Richtlinie 2004/107/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 15. 12. 2004 über Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft, Abl. EG 2005 Nr. L 23, S. 3.

Das europäische Luftqualitätsrecht bestimmt einheitliche Standards für die Luftqualität in Form von flächendeckenden, d.h. quellenunabhängigen Immissionswerten für bestimmte Schadstoffe, insb. zum Schutz der menschlichen Gesundheit, aber auch zum Schutz von Ökosystemen und der Vegetation. Als Instrumente zur Einhaltung dieser Werte regelt das europäische Recht insb. spezifische Pläne, verpflichtet allerdings darüber hinaus die Mitgliedstaaten auch allgemein zum Ergreifen von „erforderlichen Maßnahmen“.

## 2. Nationales Instrumentarium

(1) Auf der Grundlage von § 48a Abs. 1 BImSchG wurden die 22. BImSchV (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft) und die 33. BImSchV (Verordnung zur Vermeidung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen) erlassen. Sie setzen die europarechtlich vorgeschriebenen Immissionswerte sowie die Vorgaben für die Beurteilungs- und Messverfahren in nationales Recht um.

Bsp.: Nach § 4 der 22. BImSchV darf zum Schutz der menschlichen Gesundheit die Belastung der Luft mit Partikeln PM<sub>10</sub> (Feinstaub) einen Tagesmittelwert von 50 µg/m<sup>3</sup> an nicht mehr als 35 Tagen im Jahr überschreiten (Abs. 1) und ist ein Jahresmittelwert von 40 µg/m<sup>3</sup> einzuhalten (Abs. 3).

Die Immissionswerte sind zum Teil als verbindliche *Grenzwerte* ausgestaltet (§§ 2 ff. der 22. BImSchV: Schwefeldioxid, Stickoxide, Partikel, Blei, Benzol, Kohlenmonoxid), zum Teil als bloße (anzustrebende) *Zielwerte* (§§ 15 ff. der 22. BImSchV: Arsen, Kadmium, Nickel, Benzo(a)pyren; 33. BImSchV: Ozon). Gegenstand der weiteren Darstellung sollen nur die Immissions*grenzwerte* sein, die besondere rechtliche Probleme aufwerfen.

---

<sup>98</sup> Durch die Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. 5. 2008 über die Luftqualität und saubere Luft für Europa, Abl. EG Nr. L 152, S. 1, wurden zwischenzeitlich aus Gründen der Rechtsvereinfachung die bislang geltenden Richtlinien zusammengefasst und das Luftqualitätsrecht dem neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisstand im Bereich der Gesundheit angepasst. Die Umsetzungsfrist endet am 11. 6. 2010.

(2) Das eigentliche luftqualitätsrechtliche Instrumentarium, das bei drohender oder tatsächlicher Grenzwertüberschreitung zur Anwendung kommt, findet sich in den §§ 45 bis 47 BImSchG.

Gemäß § 45 Abs. 1 S. 1 BImSchG ergreifen die zuständigen Behörden die erforderlichen Maßnahmen, um die Einhaltung der festgelegten Immissionswerte sicherzustellen.

„Zuständige Behörden“ im Sinne dieser Vorschrift sind alle Behörden, die in ihrem Zuständigkeitsbereich einen Beitrag zur Einhaltung der Immissionsgrenzwerte leisten können<sup>99</sup>. § 45 Abs. 1 S. 1 BImSchG ist nach allgemeiner Auffassung bloße Aufgabenzuweisungs-, keine Befugnisnorm, was sich aus der allgemeinen Fassung der Vorschrift, dem systematischen Zusammenhang mit §§ 40 und 47 Abs. 6 BImSchG sowie der Entstehungsgeschichte ergibt<sup>100</sup>. Die Vorschrift ermächtigt deshalb nicht zu Maßnahmen, die mit Eingriffen in Rechte Dritter verbunden sind. Hierfür bedarf es jeweils einer besonderen Ermächtigungsgrundlage. Unmittelbar auf Grundlage von § 45 Abs. 1 S. 1 GG möglich sind aber Maßnahmen zur Reduktion verwaltungseigener Emissionsbeiträge (z.B. Fuhrparkmodernisierung) sowie sonstige nicht drittbelastende Maßnahmen (z.B. Straßenreinigung gegen Feinstaubbelastungen).

Zu den danach zu ergreifenden „erforderlichen Maßnahmen“ gehören gemäß § 45 Abs. 1 S. 2 BImSchG insbesondere – aber nicht nur – Pläne nach § 47 BImSchG. Das Durchsetzungsinstrumentarium systematisierend lässt sich unterscheiden zwischen Luftqualitätsplänen (a), den hieraus sich ergebenden Maßnahmen (b) sowie planunabhängigen Maßnahmen (c).

#### **a) Luftqualitätspläne**

Zentrale Bedeutung für die Durchsetzung der Grenzwerte kommt den in § 47 BImSchG geregelten Luftqualitätsplänen zu. Mit ihnen wird den unmittelbar luftqualitätsverbessernden Einzelmaßnahmen eine Planungsstufe vorgeschaltet, um auf diese Weise effektiv und koordiniert für die Einhaltung der Grenzwerte zu sorgen.

Das Gesetz unterscheidet zwischen Luftreinhalteplänen und Aktionsplänen:

- Ein Luftreinhalteplan (§ 47 Abs. 1 BImSchG i.V.m. § 11 Abs. 3 der 22. BImSchV) ist aufzustellen, wenn die Grenzwerte (einschließlich festgelegter Toleranzmargen<sup>101</sup>) überschritten werden. Inhalt des Luftreinhalteplans sind langfristig wirksame Maßnahmen, die eine dauerhafte Einhaltung der Grenzwerte sicherstellen<sup>102</sup>.

---

<sup>99</sup> Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 45 Rn. 6. Anders Hansmann, in: Landmann/Rohmer, Umweltrecht Bd. I, BImSchG, Stand: 1.4.2005, § 45 Rn. 9: nur die nach Landesrecht für zuständig erklärten (Immissionsschutz-) Behörden.

<sup>100</sup> VG München, NVwZ 2005, 842 (843); VGH München, NVwZ 2007, 230 (232); Hansmann, in: Landmann/Rohmer, Umweltrecht Bd. I, BImSchG, Stand: 1. 4. 2005, § 45 Rn. 7; Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 45 Rn. 3.

<sup>101</sup> Vgl. hierzu die Legaldefinition in § 1 Nr. 5 der 22. BImSchV sowie beispielhaft die Toleranzmargen für Stickstoffdioxid in § 3 Abs. 3 u. 5 der 22. BImSchV. Die den eigentlichen Immissionswerten hinzuzurechnenden, in jährlichen Stufen abnehmenden Toleranzmargen haben/hatten zum Ziel, dass bereits vor Inkrafttreten der Immissionswerte planerische Maßnahmen ergriffen werden, um die Einhaltung der Immissionswerte vom Zeitpunkt ihres Inkrafttretens an sicherzustellen.

<sup>102</sup> § 47 Abs. 3 BImSchG sieht Luftreinhaltepläne zudem zur Sicherung rein nationaler Immissionsgrenzwerte und darüber hinaus generell zur Vermeidung schädlicher Umwelteinwirkungen vor. Die Maßnahmen können langfristig oder kurzfristig angelegt sein. Wegen der geringeren praktischen und rechtlichen Relevanz (Fehlen einer Rechtsverordnung nach § 48 Abs. 1a BImSchG; keine europarechtliche Ingerenz; Entschließungsermessen) soll hier nicht näher darauf eingegangen werden.

- Ein Aktionsplan (§ 47 Abs. 2 BImSchG i.V.m. § 11 Abs. 4 der 22. BImSchV) ist bereits bei einer *drohenden* Grenzwert- bzw. Alarmschwellenüberschreitung<sup>103</sup> aufzustellen. Inhalt des Aktionsplans sind kurzfristig wirksame Maßnahmen, die die Gefahr einer Grenzwert- bzw. Alarmschwellenüberschreitung verringern oder die Dauer einer solchen Überschreitung verkürzen.

Liegen die gesetzlichen Voraussetzungen vor, ist die zuständige Behörde – in Baden-Württemberg sind dies gemäß § 8 Abs. 2 BImSchZuVO die Regierungspräsidien – zum Erlass der Luftqualitätspläne verpflichtet. Ein Spielraum steht ihr nur im Hinblick auf die festzulegenden Maßnahmen zu.

Als festzulegende Maßnahmen kommen alle behördlichen Aktivitäten in Betracht, die zur Einhaltung der Immissionsgrenzwerte beitragen können (Abs. 1) bzw. die Gefahr der Überschreitung von Grenzwerten oder Alarmschwellen verringern oder den Zeitraum einer drohenden Überschreitung verkürzen können (Abs. 2). Die Maßnahmen können in allen Rechtsbereichen angesiedelt sein, müssen also nicht spezifisch immissionsschutzrechtlich sein. Maßnahmen, die mit Eingriffen in Rechte Dritter verbunden sind, sind nur insoweit zulässig, als an anderer Stelle eine geeignete Ermächtigungsgrundlage vorliegt. Der Luftqualitätsplan selbst (bzw. § 47 BImSchG) vermag keine zusätzlichen behördlichen Eingriffsbefugnisse zu begründen (vgl. auch § 47 Abs. 6 S. 1 BImSchG).

Bsp.: anlagenbezogene Maßnahmen (§§ 6, 17, 20 f., 24 f. BImSchG); Verkehrsplanung, Verkehrslenkung, Verkehrsverbote und -beschränkungen (§ 40 Abs. 1 S. 1 BImSchG); Festsetzungen in Bebauungsplänen (z.B. nach § 9 Abs. 1 Nr. 23 BauGB).

Während Luftreinhaltepläne dabei auf eine *dauerhafte* Einhaltung der Grenzwerte zielen, haben Aktionspläne *kurzfristige* Maßnahmen zum Inhalt. Der Begriff der Kurzfristigkeit bezieht sich nicht nur darauf, dass die Maßnahmen in Aktionsplänen schnell zu treffen sind und schnelle Wirkung zeigen, sondern auch darauf, dass die Maßnahmen selbst von kurzer Dauer sind und, wenn ihr Ziel der Gefahrenminderung oder der Verkürzung der Dauer der Grenzwertüberschreitung erreicht ist, aufzuheben sind<sup>104</sup>.

Bsp.: kurzfristige Verkehrsbeschränkungen, Betriebsbeschränkungen für Anlagen oder das Verbot der Verwendung bestimmter Brennstoffe.

Gemäß § 47 Abs. 2 S. 3 BImSchG ist eine Integration von Aktionsplänen in einen Luftreinhalteplan möglich. Auf eine genaue Abgrenzung der Pläne des Abs. 1 und des Abs. 2 kommt es deshalb regelmäßig nicht an; die Aufstellung eines gemeinsamen Plans wird sich praktisch sogar empfehlen<sup>105</sup>.

Entsprechend dem Verursacherprinzip sind die Maßnahmen gegen alle Emittenten zu richten, die zur Grenzwertüberschreitung beitragen; der Umfang der Inanspruchnahme bestimmt sich nach dem jeweiligen Verursacheranteil unter Beachtung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit, § 47 Abs. 4 S. 1 BImSchG<sup>106</sup>.

<sup>103</sup> Eine „Alarmschwelle“ ist gemäß § 1 Nr. 4 der 22. BImSchV ein Wert (oberhalb der „normalen“ Immissionsgrenzwerte), bei dessen Überschreitung bereits bei kurzfristiger Exposition eine Gefahr für die menschliche Gesundheit besteht. Eine solche Alarmschwelle wurde in § 2 Abs. 4 der 22. BImSchV für Schwefeldioxid und in § 3 Abs. 7 der 22. BImSchV für Stickstoffdioxid normiert.

<sup>104</sup> Herrmann, in: Koch/Scheuing (Hrsg.), GK BImSchG, Stand: Mai 2005, § 47 Rn. 37.

<sup>105</sup> Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 47 Rn. 4.

<sup>106</sup> Zur das Verursacherprinzip relativierenden Wirkung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes vgl. Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 47 Rn. 14; ders., VerwArch 2006, 429 (439 f.).

Bei der Planaufstellung ist gemäß § 47 Abs. 5 S. 2 BImSchG die Öffentlichkeit zu beteiligen. Für die Aufstellung von Luftreinhalteplänen ist das Verfahren in § 47 Abs. 5a BImSchG näher bestimmt. Für Maßnahmen im Straßenverkehr muss zudem das Einvernehmen mit den zuständigen Straßenbau- und Straßenverkehrsbehörden hergestellt werden, § 47 Abs. 4 S. 2 BImSchG.

## **b) Maßnahmen aufgrund von Luftqualitätsplänen**

Die Pläne erreichen das Ziel der Verbesserung der Luftqualität nur dann, wenn die in ihnen festgelegten Maßnahmen auch tatsächlich verwirklicht werden. Zu diesem Zweck ordnet § 47 Abs. 6 BImSchG an, dass die Maßnahmen durch Anordnungen oder sonstige Entscheidungen der zuständigen Träger öffentlicher Verwaltung nach dem BImSchG oder nach anderen Rechtsvorschriften durchzusetzen sind (S. 1); planungsrechtliche Festlegungen haben die zuständigen Planungsträger bei ihren Planungen zu berücksichtigen (S. 2)<sup>107</sup>.

Das bedeutet im Einzelnen:

(1) Die Luftqualitätspläne binden die Behörden sämtlicher Verwaltungsträger, einschließlich des Bundes.

(2) Diese *müssen* die festgelegten Maßnahmen umsetzen, allerdings *nur im Rahmen der jeweils einschlägigen Rechtsvorschriften*. Das ist nur möglich – aber auch geboten –, wenn die Luftreinhaltung nach diesen Vorschriften ein berücksichtigungsfähiger Belang ist und zudem die konkreten Vorgaben im Luftreinhalte- bzw. Aktionsplan nach diesen Vorschriften umsetzungsfähig sind<sup>108</sup>. Für den Vollzug straßenverkehrsbeschränkender Festlegungen in Luftqualitätsplänen werden die Ermächtigungen des Straßenverkehrsrechts zum Schutz vor Luftverunreinigungen, namentlich § 45 Abs. 1 und 1b StVO, durch § 40 Abs. 1 BImSchG ergänzt<sup>109</sup>.

Was die Reichweite der Bindungswirkung angeht, differenziert das Gesetz zwischen planungsrechtlichen und nicht-planungsrechtlichen Festlegungen:

(a) Nicht-planungsrechtliche Festlegungen „sind ... durchzusetzen“, § 47 Abs. 6 S. 1 BImSchG. Insoweit besteht also eine strikte Bindungswirkung (vorbehaltlich der Durchsetzbarkeit im Rahmen der jeweils einschlägigen Rechtsvorschriften). Ist der Behörde ein Ermessen eingeräumt, wird man in aller Regel hinsichtlich des Entschließungsermessens von einer Ermessensreduktion auf Null auszugehen haben<sup>110</sup>. Denn nur so erscheint die europarechtlich geforderte Einhaltung der Grenzwerte gesichert. Das Auswahlermessen bleibt bestehen, soweit nicht der Plan konkrete Einzelmaßnahmen vorschreibt.

(b) Für planungsrechtliche Festlegungen ist die Bindungswirkung gelockert. Sie sind von den zuständigen Planungsträgern lediglich „zu berücksichtigen“, § 47 Abs. 6 S. 2 BImSchG. Die Festlegungen müssen demnach in die Abwägung eingestellt und mit den übrigen öffentlichen und privaten Belangen abgewogen werden, was ggf. auch zu ihrer vollständigen Zurückstellung führen kann<sup>111</sup>. Die Einschränkung der Bindungswirkung muss aber entfallen, wenn kei-

---

<sup>107</sup> Beachte in diesem Zusammenhang § 8 Abs. 4 BImSchZuVO, der für den Bereich des Immissionsschutzrechts eine Zuständigkeitskonzentration für den Vollzug von Luftqualitätsplänen bei den Regierungspräsidien vorsieht.

<sup>108</sup> Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 47 Rn. 41 unter Berufung auf BT-Drs. 12/8450, S. 14.

<sup>109</sup> Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 40 Rn. 3. Auch insoweit sind in Baden-Württemberg die Regierungspräsidien zuständig, § 8 Abs. 2 BImSchZuVO.

<sup>110</sup> Jarass, VerwArch 2006, 429 (441); Sparwasser, NVwZ 2006, 369 (373). Unklar Herrmann, in: Koch/Scheuing (Hrsg.), GK BImSchG, Stand Mai 2005, § 47 Rn. 99 (Festlegungen in Luftreinhalteplänen könnten „für das Gebot der sachgerechten Ermessensausübung von Bedeutung sein“).

<sup>111</sup> Für ein Optimierungsgebot Herrmann, in: Koch/Scheuing (Hrsg.), GK BImSchG, Stand: Mai 2005, § 47 Rn. 100. Dagegen Streppel, EurUP 2006, 191 (194).



ne andere Maßnahme zur Verfügung steht, um die Einhaltung der Werte sicherzustellen; andernfalls würde gegen die Pflicht zur Durchführung des EG-Rechts verstoßen<sup>112</sup>.

Zu den „Planungen“ im Sinne von § 45 Abs. 6 S. 2 BImSchG gehören jedenfalls „echte“ Planungen, etwa Bauleitpläne oder von Linienbestimmungen von Straßen im Sinne des § 16 FStrG<sup>113</sup>. Strittig ist, ob auch Pläne dem Privileg des § 45 Abs. 6 S. 2 BImSchG unterfallen, die die Zulassung konkreter Einzelvorhaben zum Gegenstand haben, namentlich Planfeststellungen<sup>114</sup>. Zweifel könnten daraus resultieren, dass eine das Entscheidungsprogramm von Planfeststellungen kennzeichnende (nur) nachvollziehende Abwägung möglicherweise keinen planungsbedingten und planungscharakterisierenden Gestaltungsspielraum darstellt<sup>115</sup>. Auf der anderen Seite ist der Gesetzeswortlaut offen und unterscheidet sich die Planfeststellung aufgrund der Vielzahl der zu berücksichtigenden Gesichtspunkte und der weit reichenden Rechtswirkungen des Planfeststellungsbeschlusses<sup>116</sup> von anderen Zulassungsentscheidungen.

(3) Für den Bürger ergeben sich aus den Luftqualitätsplänen keine unmittelbaren Pflichten<sup>117</sup>. Gebunden ist allein die Verwaltung. Erst im Rahmen der Planumsetzung nach § 47 Abs. 6 BImSchG getroffene Maßnahmen können beim Bürger pflichtenbegründend wirken.

### c) Planunabhängige Maßnahmen

Die Verwaltung ist bei der Durchsetzung der Grenzwerte nicht auf Aufstellung und Vollzug von Luftqualitätsplänen beschränkt, sondern kann auch planunabhängige luftqualitätsverbessernde Maßnahmen ergreifen. Es besteht kein Planvorbehalt (vgl. § 45 Abs. 1 S. 2 BImSchG: „insbesondere“)<sup>118</sup>.

#### aa) Aktive Maßnahmen

In Betracht kommen zunächst immissionsmindernde Aktivitäten<sup>119</sup>. Zu denken ist insb. an verkehrsbeschränkende Maßnahmen nach § 45 Abs. 1 S. 1, 2 Nr. 3, Abs. 1b Nr. 5, Abs. 9 StVO, namentlich zur Bekämpfung zu hoher Feinstaubbelastungen, zu denen der Straßenverkehr einen wesentlichen Verursachungsbeitrag leistet<sup>120</sup>.

Wird der zuständigen Behörde durch die jeweils einschlägige Ermächtigungsgrundlage ein Ermessensspielraum eingeräumt, wird das Entschließungsermessen regelmäßig auf Null redu-

---

<sup>112</sup> Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 47 Rn. 45; Streppel, EurUP 2006, 191 (194).

<sup>113</sup> Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 47 Rn. 45; Sparwasser, NVwZ 2006, 369 (374).

<sup>114</sup> Befürwortend die h.M., etwa Herrmann, in: Koch/Scheuing (Hrsg.), GK BImSchG, Stand Mai 2005, § 47 Rn. 75; Sparwasser, NVwZ 2006, 369 (374); beiläufig auch BVerwG, NVwZ 2004, 1237 (1239). Ablehnend Jarass, BImSchG, 6. Aufl. 2005, § 47 Rn. 40 (offen jetzt in der 7. Aufl. 2007, Rn. 45); Streppel, EurUP 2006, 191 (194). Wie auch immer man hier entscheidet, wird Entsprechendes gelten müssen für planfeststellungsersetzende Bebauungspläne. Insoweit für eine Privilegierung die Gesetzesbegründung, BR-Drs. 1073/01, S. 26.

<sup>115</sup> Zur Frage, ob Planfeststellung und Plangenehmigung als Planung zu begreifen sind vgl. Erbguth, FS Hoppe, 2000, S. 631 (644 ff.) m.w.N.

<sup>116</sup> Dies sind: Konzentrationswirkung (§ 75 Abs. 1 S. 1, 2. Hs. VwVfG), Gestaltungswirkung (§ 75 Abs. 1 S. 2 VwVfG), Sicherungs- und Duldungswirkung (§ 75 Abs. 2 S. 1 VwVfG).

<sup>117</sup> BVerwGE 128, 278 (288); Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 47 Rn. 43. Zur hier befürworteten *Berechtigung* des Einzelnen durch die Luftqualitätspläne siehe aber unten VI.3.c), S. 59.

<sup>118</sup> BVerwG, NVwZ 2004, 1237 (1238 f.); 2005, 442 (445); Jarass, VerwArch 2006, 429 (442).

<sup>119</sup> Beachte in diesem Zusammenhang § 8 Abs. 4 BImSchZuVO, der für den Bereich des Immissionsschutzrechts eine Zuständigkeitskonzentration bei den Regierungspräsidien vorsieht.

<sup>120</sup> Vgl. hierzu BVerwGE 128, 278 (290 ff.); 129, 296 (302 f.); VGH München, NVwZ 2005, 1096 (1096); 2007, 230 (231); Sparwasser, NVwZ 2006, 369 (372 f.); Steenbuck, NVwZ 2005, 770 (771); Willand/Buchholz, NJW 2005, 2641 (2643). Demgegenüber hatte VG München, NVwZ 2005, 842 (843 f.) und 1215 (1217 f.) zuvor die Anwendbarkeit von § 45 StVO zu Unrecht verneint.

ziert sein<sup>121</sup>. Die Behörde ist also in der Regel zum Einschreiten verpflichtet. Denn angesichts des bei einer Grenzwertüberschreitung bestehenden Gesundheitsrisikos sind regelmäßig keine Gründe ersichtlich, die ein Untätigbleiben rechtfertigen könnten. Etwas anderes kann nur dann gelten, wenn sich Einzelmaßnahmen als ungeeignet zur Immissionsminderung erweisen, was z.B. auch dann der Fall wäre, wenn Straßenverkehrsbeschränkungen nur zu einer Verlagerung der Grenzwertüberschreitung auf andere Gebiete führen würden<sup>122</sup>. Die demgegenüber vom VGH München vertretene Auffassung, planunabhängige Einzelmaßnahmen müssten von vornherein als ermessensfehlerhaft ausscheiden, wenn die tatsächlichen Verhältnisse derart komplex sind, dass ein Bedürfnis nach (luftqualitäts-)planerischer Konfliktbewältigung besteht<sup>123</sup>, überzeugt nicht. Denn auch planunabhängige Maßnahmen sind zur Immissionsminderung geeignet, § 45 Abs. 1 S. 2 BImSchG sieht Luftqualitätspläne nur als *ein* mögliches Instrument zur Durchsetzung der Grenzwerte vor, die ein Planbedürfnis auslösende Komplexität der tatsächlichen Verhältnisse wird ganz regelmäßig bestehen und eine deshalb gegebenenfalls notwendig werdende gegenseitige Abstimmung ist den beteiligten Behörden durchaus selbst zuzutrauen<sup>124</sup>.

Das grundsätzlich bestehende Auswahlermessen sieht das BVerwG durch den Verursacheranteil und den Grundsatz der Verhältnismäßigkeit beschränkt<sup>125</sup>, was der Sache nach einer analogen Anwendung von § 47 Abs. 4 S. 1 BImSchG auf planunabhängige Maßnahmen entspricht<sup>126</sup>.

#### **bb) Unterlassen grenzwertwidriger staatlicher Vorhabenzulassung**

Neben diesen aktiven Maßnahmen kann auch staatliches Unterlassen einen Beitrag zur Einhaltung der Immissionswerte leisten, nämlich die Nichtzulassung von Vorhaben, die einen Verursachungsbeitrag zu einer Grenzwertüberschreitung leisten würden.

Das setzt freilich voraus, dass die Immissionswerte der 22. BImSchV für die Vorhabenzulassung unmittelbar rechtlich beachtlich sind. Das versteht sich nicht ohne Weiteres. Die Immissionswerte sind zwar verbindliches Außenrecht<sup>127</sup>. Ob und gegebenenfalls in welcher Weise sie aber für die Zulassung eines Vorhabens von Bedeutung sind, ist dem einschlägigen Fachrecht durch Auslegung zu entnehmen. Insoweit ist zwischen Planungsentscheidungen und der Anlagenzulassung nach dem BImSchG zu unterscheiden:

#### **(1) Planungsentscheidungen**

Für Planungsentscheidungen, namentlich die straßenrechtliche Planfeststellung, hat das BVerwG entschieden, dass die Einhaltung der Immissionswerte der 22. BImSchV keine Rechtmäßigkeitsvoraussetzung sei<sup>128</sup>. Sie seien lediglich abwägungserheblich dergestalt, dass

---

<sup>121</sup> Ebenso BVerwGE 128, 278 (289 f.); 129, 296 (302 f.); *Klinger/Löwenberg*, ZUR 2005, 169 (174). Ähnlich *Willand/Buchholz*, NVwZ 2007, 171 (172): Reduktion des Entschließungsermessens auf Null, es sei denn, die Einhaltung der Grenzwerte ist durch Maßnahmen anderer Behörden oder Akteure gesichert. A.A. wohl *Sparwasser*, NVwZ 2006, 369 (372).

<sup>122</sup> VGH München, NVwZ 2005, 1096 (1097); 2007, 230 (231).

<sup>123</sup> Vgl. VGH München, NVwZ 2007, 230 (231 f.): nicht planerisch koordinierte Einzelmaßnahmen entsprechen in derartigen Konstellationen nicht dem Zweck der Ermächtigung (§ 40 LVwVfG).

<sup>124</sup> Ähnlich *Willand/Buchholz*, NVwZ 2007, 171 (172).

<sup>125</sup> BVerwGE 128, 278 (290); 129, 296 (301 f.)

<sup>126</sup> Vgl. hierzu *Wöckel*, NuR 2007, 598 (601).

<sup>127</sup> *Jarass*, NVwZ 2003, 257 (260); *Sparwasser*, NVwZ 2006, 369 (370).

<sup>128</sup> Grundlegend BVerwG, NVwZ 2004, 1237 (1238 f.). Für die Planfeststellung eines Flughafens BVerwGE 125, 116 (271 Rn. 426) m.w.N. Ebenso *Assmann/Knierim/Friedrich*, NuR 2004, 695 (700 f.); *Herrmann*, in:

der aus dem planungsrechtlichen Abwägungsgebot folgende Grundsatz der Problembewältigung es verbiete, ein Vorhaben zuzulassen, obgleich absehbar ist, dass seine Verwirklichung die Möglichkeit ausschließt, die Einhaltung der Immissionswerte mit den Mitteln der Luftreinhalteplanung in einer mit der (Verkehrs-)Funktion der Vorhabens zu vereinbarenden Weise zu sichern. Für eine solche Annahme müssten jedoch besondere Umstände vorliegen. In der Regel trage die Planfeststellungsbehörde dem Gebot der Problembewältigung dadurch hinreichend Rechnung, dass sie die Einhaltung der Grenzwerte dem Verfahren der Luftreinhalteplanung und mithin der hierfür zuständigen Behörde überlasse<sup>129</sup>.

Nach dieser Betrachtung haben die Immissionswerte also nicht den Charakter zwingender Planungsleitsätze<sup>130</sup>, sondern stellen lediglich einen abwägungserheblichen Belang dar. Dafür spricht, dass der Gesetz- und Verordnungsgeber mit dem System der Luftreinhalteplanung einen abgestuften Regelungsmechanismus vorgesehen hat, der Grenzwertüberschreitungen immissionsquellenunabhängig begegnen soll<sup>131</sup>. Hiermit können Immissionswertüberschreitungen sektorübergreifend und koordiniert bekämpft werden. Der Gesetzgeber geht davon aus, dass sich die Einhaltung der Grenzwerte in aller Regel mit den Mitteln der Luftreinhalteplanung sichern lässt<sup>132</sup>. Erst wenn dieser integrative Ansatz keinen Erfolg verspricht, ist eine vorhabenbezogene Durchsetzung der Immissionswerte geboten. Hinzu kommt, dass planerische Festlegungen eines Luftqualitätsplans gemäß § 47 Abs. 6 S. 2 BImSchG vom zuständigen Planungsträger lediglich „zu berücksichtigen“ sind<sup>133</sup>. Es wäre aber widersprüchlich, vor der Erstellung von Luftqualitätsplänen die Grenzwerte als strikte Planungsleitsätze zu verstehen, während sie nach Planerstellung – mittelbar, nämlich über die entsprechende Behandlung planerischen Festsetzungen zur Grenzwertdurchsetzung – zum bloßen Abwägungsmaterial werden<sup>134</sup>.

Die hiergegen aus gemeinschaftsrechtlicher Perspektive geübte Kritik<sup>135</sup> greift nicht durch, weil das Europarecht selbst die Luftqualitätsplanung als hauptmaßgebliches Umsetzungsinstrument zur Durchsetzung der Grenzwerte vorsieht. Auch der von der Gegenmeinung angeführte Umkehrschluss aus § 50 S. 2 BImSchG trägt nicht. Wenn dort eine Verschlechterung der Luftqualität *unterhalb* der Immissionswerte zu einem bloßen Abwägungsbelaug erklärt wird, bedeutet dies nicht umgekehrt, dass die Einhaltung der Werte nicht auch ein bloßer Belang in der Abwägung sein könne<sup>136</sup>. Denn § 50 S. 2 BImSchG will die Abwägungsentscheidung auf den nach Art. 9 der Luftqualitätsrahmenrichtlinie zu beachtenden Belang der Einhal-

---

Koch/Scheuing (Hrsg.), GK BImSchG, Stand Dez. 2006, § 45 Rn. 15; Wahl/Hönig, NVwZ 2006, 161 (169). Ablehnend Koch, FS Bartlsperger, 2006, S. 497 (509); Kupfer/Wurster, Die Verwaltung 40 (2007), 239 (258 ff.).

<sup>129</sup> BVerwG, NVwZ 2004, 1237 (1239).

<sup>130</sup> In diesem Sinne aber zuvor Jarass, NVwZ 2003, 257 (263): Immissionswerte als zwingende Vorgaben, ohne deren Einhaltung die Planfeststellung nicht ergehen darf. Zustimmend Sparwasser/Engel/Voßkuhle, Umweltrecht, 5. Aufl. 2003, § 10 Rn. 436. Abschwächend jetzt Jarass, VerwArch 2006, 429 (443): Auf die Einhaltung der Grenzwerte kann nur verzichtet werden, wenn konkrete Anhaltspunkte dafür bestehen, dass das Problem in einem Luftreinhalteplan bewältigt werden kann (z.B. aufgrund einer Abstimmung mit den für die Luftreinhalteplanung zuständigen Behörden).

<sup>131</sup> BVerwG, NVwZ 2004, 1337 (1238).

<sup>132</sup> BVerwG, NVwZ 2005, 442 (445).

<sup>133</sup> Siehe aber auch oben VI.2.b), S. 53 zu der umstrittenen Frage, ob Planfeststellungen den „Planungen“ im Sinne von § 47 Abs. 6 S. 2 BImSchG zuzurechnen sind.

<sup>134</sup> Assmann/Knierim/Friedrich, NuR 2004, 695 (701).

<sup>135</sup> Vgl. SRU, Umwelt und Straßenverkehr, Sondergutachten, 2005, Rn. 450 f.

<sup>136</sup> So aber Jarass, NVwZ 2003, 257 (263 [in Fn. 98], 265).

tung der bestmöglichen Luftqualität ausweiten, nicht jedoch Aussagen über die Grenzen des Abwägungsspielraum treffen<sup>137</sup>.

Kritik erfährt die vom BVerwG vertretene Auffassung, das Gebot der Problembewältigung sei erst dann verletzt, wenn absehbar sei, dass eine der Projektzulassung nachfolgende Luftqualitätsplanung die Einhaltung der Grenzwerte nicht mehr gewährleisten könne<sup>138</sup>. Hierin liegt eine Umkehr der Argumentationslast gegenüber der ständigen Rechtsprechung, wonach ein Problem nur dann zunächst unbewältigt bleiben darf, wenn die Möglichkeit einer Problemlösung in einem nachfolgenden Verfahren positiv nachgewiesen ist. Der geforderte negative Nachweis wird dem von einer Grenzwertüberschreitung Betroffenen kaum je gelingen.

## **(2) Anlagenzulassung nach dem BImSchG**

Die Erteilung einer immissionsschutzrechtlichen Anlagengenehmigung nach § 4 BImSchG i.V.m. der 4. BImSchV soll nur zulässig sein, wenn die Grenzwerte der 22. BImSchV eingehalten werden. Eine genehmigungsbedürftige Anlage darf danach nicht zugelassen werden, wenn sie einen relevanten Beitrag zu einer Grenzwertüberschreitung erbringt<sup>139</sup>. Dementsprechend schließt die TA Luft eine Genehmigungserteilung bei Überschreiten der aus der 22. BImSchV übernommenen Immissionswerte grundsätzlich aus (vgl. Nr. 4.2 TA Luft).

Dem ist zuzustimmen.

Zwar wurde die 22. BImSchV nicht auf der Grundlage von § 7 BImSchV erlassen, der explizit zu Rechtsverordnungen über Anforderungen genehmigungsbedürftiger Anlagen ermächtigt. Ermächtigungsgrundlage ist vielmehr § 48a Abs. 1 BImSchG. Auch auf der Grundlage dieser Vorschrift können freilich – entsprechend ihrem systematischen Standort im Siebenten Teil des BImSchG betreffend „Gemeinsame Vorschriften“ – durch Rechtsverordnung Anforderungen an den Anlagenbetrieb normiert werden, deren Einhaltung dann Genehmigungsvoraussetzung gemäß § 6 Abs. 1 BImSchG ist<sup>140</sup>. Jedoch muss durch Auslegung ermittelt werden, ob dies *in concreto* auch tatsächlich der Fall ist.

Für die 22. BImSchV ist dies zu bejahen, auch wenn sie, wie das Luftqualitätsrecht auch im Übrigen, keine ausdrücklich auf Einzelvorhaben bezogene Regelungen enthält. Hierin liegt wohl auch kein Widerspruch zu der vorstehend für Planungen vertretenen Position, wonach die Grenzwerteinhaltung mit Rücksicht auf das koordinierende Instrument der Luftreinhalteplanung lediglich als abwägungserheblicher Belang zu berücksichtigen ist. Der strukturelle Unterschied besteht darin, dass die als gebundene Entscheidung gedeutete<sup>141</sup> Anlagengenehmigung, anderes als Planungsentscheidungen, eine Konfliktverlagerung auf nachfolgende Verfahren nicht zulässt. Die Einhaltung der Grenzwerte kann nur entweder Genehmigungsvoraussetzung sein oder ist es eben nicht. Ein nachfolgender Luftqualitätsplan kann keine verschärften Anforderungen stellen, weil er gemäß § 47 Abs. 6 S. 1 BImSchG nur im Rahmen der jeweils einschlägigen gesetzlichen Bestimmungen umgesetzt werden kann. Die Alternative, alle Anlagen von den Grenzwerten freizustellen, dürfte europarechtswidrig sein. Zwar

---

<sup>137</sup> BVerwG, NVwZ 2004, 1237 (1239); Assmann/Knierim/Friedrich, NuR 2004, 695 (700 f.).

<sup>138</sup> Ablehnend Assmann/Knierim/Friedrich, NuR 2004, 695 (701); Jarass, VerwArch 2006, 429 (443); Koch, FS Bartlsperger, 2006, S. 497 (510); Rehbindner, NuR 2005, 493 (497).

<sup>139</sup> Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 6 Rn. 6a f. m.w.N.

<sup>140</sup> Str. ist, ob Nr. 1 (so Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 6 Rn. 6a, jedenfalls soweit die Rechtsverordnung der Konkretisierung der Betreiberpflichten nach § 5 dient – Nichterwähnung von § 48a insoweit als Redaktionsversehen) oder Nr. 2 (so Giesberts/Reinhardt, BeckOK BImSchG, § 6 Rn. 10) einschlägig ist. Zur Bedeutung dieser Einordnungsfrage vgl. oben in Fn. 25.

<sup>141</sup> So die h.M., vgl. etwa Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 6 Rn. 26 m.w.N., auch zur Gegenmeinung.

enthält das europäische Luftqualitätsrecht keine unmittelbar auf Einzelvorhaben bezogenen Anforderungen. Die strikt geforderte Grenzwerteinhaltung wäre aber gefährdet, wenn eine maßgebliche Emittentengruppe unberücksichtigt bliebe.

Ob man die Grenzwerte dabei als Konkretisierung der Schutzpflicht des § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 BImSchG versteht<sup>142</sup>, oder sie der Vorsorgepflicht nach § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 2 BImSchG zuordnet<sup>143</sup>, spielt dann keine besondere Rolle, wenn man entgegen der noch h.M. auch der Vorsorgepflicht drittschützenden Charakter zuerkennt, was im vorliegenden Zusammenhang vor dem europarechtlichen Hintergrund<sup>144</sup> zwingend wäre<sup>145</sup>.

Eine gewisse Relativierung der Bindung der Vorhabenzulassung an die Grenzwerte ergibt sich aber daraus, dass analog § 47 Abs. 4 S. 1 BImSchG jeder Anlagenbetreiber nur entsprechend seines Verursacheranteils an der Grenzwertüberschreitung unter Berücksichtigung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit herangezogen werden kann<sup>146</sup>.

### 3. Rechtsschutzfragen

Von entscheidender Bedeutung für die tatsächliche Einhaltung der Immissionswerte ist die Frage, ob der Einzelne sie im Klageweg durchsetzen kann. Das setzt gemäß §§ 42 Abs. 2, 113 Abs. 1 u. 5 VwGO voraus, dass ihm ein entsprechendes subjektives öffentliches Recht zusteht.

#### a) Drittschützende Qualität der Grenzwerte

Die gesundheitsschützenden Grenzwerte und Alarmschwellen<sup>147</sup> der 22. BImSchV haben subjektiv-rechtliche, nach der Diktion der Schutznormtheorie: drittschützende Qualität.

Sie dienen ausdrücklich dem Schutz der menschlichen Gesundheit. Dieser Umstand ist nach dem klassischen Verständnis der Schutznormtheorie und der ihr zugrundeliegenden Unterscheidung von Allgemeininteressen und Individualinteressen zwar nicht ohne Weiteres geeignet, die subjektiv-rechtliche Wirkung der Grenzwerte zu begründen. Denn es ließe sich zumindest in Frage stellen, ob sich den einschlägigen Vorschriften der 22. BImSchV (zu den Grenzwerten und den Messverfahren) ein Personenkreis entnehmen lässt, der sich von der Allgemeinheit unterscheidet<sup>148</sup>. Das bedarf aber keiner weiteren Vertiefung, da jedenfalls bei gemeinschaftsrechtskonformer Auslegung eine subjektiv-rechtliche Deutung der Grenzwerte geboten ist<sup>149</sup>. Denn auch die der 22. BImSchV zugrundeliegenden Luftqualitätsrichtlinien zielen ausdrücklich ab auf den Schutz der menschlichen Gesundheit und legen zu diesem

---

<sup>142</sup> So BVerwGE 128, 278 (286); *Gerhold/Weber*, NVwZ 2000, 1138 (1139).

<sup>143</sup> Für einzelne Grenzwerte in diese Richtung *Rehbinder*, NuR 2005, 493 (494). Zu den Zuordnungsschwierigkeiten im deutschen Dualismus von Gefahrenabwehr und Vorsorge anschaulich *Jarass*, VerwArch 2006, 429 (434 ff.).

<sup>144</sup> Hierzu sogleich unter VI.3.a), S. 57.

<sup>145</sup> Vgl. *Sparwasser/Engel/Voßkuhle*, Umweltrecht, 5. Aufl. 2003, § 10 Rn. 159.

<sup>146</sup> Vgl. oben bei Fn. 126 sowie *Jarass*, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 6 Rn. 7.

<sup>147</sup> Vgl. §§ 2 Abs. 1 u. 2, 3 Abs. 2 u. 4, 4 Abs. 1 u. 2, 5 Abs. 1 u. 2, 6 Abs. 1, 7 Abs. 1 der 22. BImSchV (Grenzwerte) und §§ 2 Abs. 4, 3 Abs. 7 der 22. BImSchV (Alarmschwellen; gesundheitsschützend lt. Legaldefinition in § 1 Nr. 4 der 22. BImSchV). Etwas anderes gilt für die Grenzwerte zum Schutz von Ökosystemen (vgl. z.B. § 2 Abs. 3 der 22. BImSchV) bzw. zum Schutz der Vegetation (vgl. z.B. § 3 Abs. 6 der 22. BImSchV): keine drittschützende Wirkung.

<sup>148</sup> Zu diesem Kriterium vgl. BVerwG, NVwZ 1987, 409 (409). Drittschützende Wirkung schon nach der „klassischen“ Schutznormtheorie bejahend *Streppel*, EurUP 2006, 191 (192).

<sup>149</sup> Hierauf abstellend auch *Jarass*, VerwArch 2006, 429 (447).

Zweck Grenzwerte fest<sup>150</sup>. Damit sind aber die Anforderungen erfüllt, die der EuGH an das Vorliegen individueller Rechte stellt. Nach dieser an der praktischen Wirksamkeit des Gemeinschaftsrechts orientierten<sup>151</sup>, gerade auch für luftqualitätsrechtliche Vorschriften ergangenen Rechtsprechung ist die Erwähnung personenbezogener Rechtsgüter in der Gemeinschaftsrechtsnorm ausreichend<sup>152</sup>. Für den Bereich des Umweltrechts folgen individuelle Rechte danach aus der Tatsache, dass die gemeinschaftsrechtlichen Normen dem Schutz „des Menschen“<sup>153</sup>, „der menschlichen Gesundheit“<sup>154</sup> oder „der Volksgesundheit“<sup>155</sup> dienen sollen. Dem ist bei der Auslegung des die Richtlinienvorgaben umsetzenden nationalen Rechts Rechnung zu tragen. Die drittschützende Wirkung der Grenzwerte ist dann auch weitgehend anerkannt<sup>156</sup> und nunmehr auch vom EuGH bestätigt<sup>157</sup>.

Zum geschützten Personenkreis gehören all diejenigen, die möglicherweise durch eine Grenzwertüberschreitung in ihrer Gesundheit beeinträchtigt sind. Das sind die Personen, die sich hinreichend dauerhaft in dem von der Grenzwertüberschreitung betroffenen Gebiet aufhalten. Die notwendige Dauer hängt von der Art des Grenzwerts ab (Jahres-, Tages- oder Stundenmittelwert)<sup>158</sup>.

Der Einzelne hat danach ein subjektives Recht auf Einhaltung der Grenzwerte. Dieses Recht ist freilich noch nicht auf bestimmte luftqualitätsverbessernde Maßnahmen gerichtet. Es ist aber gewissermaßen der subjektiv-rechtliche Humus, auf dem Ansprüche auf konkrete Maßnahmen gedeihen können.

## **b) Anspruch auf planunabhängige Maßnahmen**

Einen Anspruch auf planunabhängige Maßnahmen aus § 45 Abs. 1 S. 1 BImSchG (i.V.m. der jeweils in Betracht kommenden Eingriffsermächtigung) wird man grundsätzlich bejahen können<sup>159</sup>. Denn wenn Grenzwerte eine subjektiv-rechtliche Funktion erfüllen<sup>160</sup>, legt dies nahe,

---

<sup>150</sup> Vgl. 2. u. 12. Erwägungsgrund sowie Art. 1, 2 Nr. 5 der Luftqualitätsrahmenrichtlinie.

<sup>151</sup> Das Gemeinschaftsrecht zielt mit der Einräumung individueller, klageweise durchsetzbarer Rechtspositionen nicht nur auf den Schutz individueller Interessen, sondern auch auf seine effektive Durchsetzung. Die Gewährung von Klagerechten ist ein dezentrales Durchsetzungsinstrument des Gemeinschaftsrechts. Vgl. hierzu v. Danwitz, Verwaltungsrechtliches System und Europäische Integration, 1996, S. 236; Dörr, in: Sodan/Ziekow (Hrsg.), VwGO, Stand: Januar 2003, EVR Rn. 448; Ehlers, Die Europäisierung des Verwaltungsprozeßrechts, 1999, S. 49; Everling, NVwZ 1993, 209 (215); Masing, Die Mobilisierung des Bürgers für die Durchsetzung des Rechts. Europäische Impulse für eine Revision der Lehre vom subjektiven-öffentlichen Recht, 1997, S. 42 ff., 50 ff.; Schmidt-Aßmann, DVBl. 1993, 924 (934); Schoch, Die Europäisierung des verwaltungsgerichtlichen Rechtsschutzes, 2000, S. 22.

<sup>152</sup> Schoch, NVwZ 1999, 457 (464).

<sup>153</sup> EuGH, Urt. v. 30. 5. 1991, Rs. C-59/89, Slg. 1991, I-2607, Tz. 19 – Kommission/Deutschland (zur Blei-Richtlinie).

<sup>154</sup> EuGH, Urt. v. 30. 5. 1991, Rs. C-361/88, Slg. 1991, I-2567, Tz. 16 – Kommission/Deutschland (zur SO<sub>2</sub>-Richtlinie).

<sup>155</sup> EuGH, Urt. v. 17. 10. 1991, Rs. C-58/89, Slg. 1991, I-4983, Tz. 14 – Kommission/Deutschland (zur Trinkwasser-Richtlinie).

<sup>156</sup> Dafür etwa BVerwGE 128, 278 (286); 129, 296 (300); VGH München, NVwZ 2007, 233 (236); VG München, NVwZ 2005, 839 (840); VG Stuttgart, NVwZ 2005, 971 (973 f.); Jarass, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 48a Rn. 23; ders., NVwZ 2003, 257 (264); ders., VerwArch 2006, 429 (447 f.); Klinger/Löwenberg, ZUR 2005, 169 (172); Schoch, NVwZ 1999, 457 (464); Sparwasser, NVwZ 2006, 369 (370); Streppel, EurUP 2006, 191 (192).

<sup>157</sup> EuGH, Urt. v. 25. 7. 2008, Rs. C-237/07, NVwZ 2008, 984 (985, Tz. 37 ff.).

<sup>158</sup> Jarass, VerwArch 2006, 429 (433, 448).

<sup>159</sup> So auch BVerwGE 128, 278 (289 ff.); 129, 296 (301, 305); Jarass, VerwArch 2006, 429 (449); Sparwasser, NVwZ 2006, 369 (370); Streppel, EurUP 2006, 191 (193). A.A. VGH München, NVwZ 2007, 230 (232) unter

ein subjektives Recht auch auf Einsatz derjenigen Instrumente zu befürworten, die zur Einhaltung dieser Werte dienen sollen. Die diesen Instrumenten zugrundeliegenden Vorschriften, namentlich § 45 Abs. 1 S. 1 BImSchG, dienen der Durchsetzung der auf den Schutz der menschlichen Gesundheit abzielenden Grenzwerte der 22. BImSchV und damit dem Schutz individueller Interessen, sind also Schutznormen im Sinne der – europarechtlich aufgeladenen<sup>161</sup> – Schutznormtheorie.

Der Anspruch auf planunabhängige Maßnahmen besteht allerdings nur solange, als (pflichtwidrig) noch kein Luftqualitätsplan aufgestellt worden ist<sup>162</sup>. Denn die Pläne legen ein behörden- und rechtsträgerübergreifendes koordiniertes Handlungsprogramm zur Grenzwertdurchsetzung fest. An dieses Programm sind die zuständigen Stellen nach Maßgabe des § 47 Abs. 6 BImSchG gebunden. Nach dieser gesetzgeberischen Konzeption erfolgt die Grenzwertdurchsetzung nach der Aufstellung der Pläne durch Planvollzug. Damit dürften planunabhängige Maßnahmen zwar nicht von vornherein unzulässig sein. In dieser Situation ist es aber nicht ermessensfehlerhaft, wenn die Behörde derartige Maßnahmen mit der Begründung ablehnt, es bestehe ein (geeigneter!) Luftqualitätsplan und die begehrte Maßnahme sei darin nicht vorgesehen. An die Stelle des Anspruchs auf planunabhängige Maßnahmen tritt dann ein Anspruch auf Planvollzug:

### **c) Anspruch auf Vollzug bestehender Luftqualitätspläne**

Was den Vollzug bestehender Luftqualitätspläne angeht, wird man ebenso wie für die planunabhängigen Maßnahmen davon auszugehen haben, dass die subjektiv rechtliche Funktion der Grenzwerte die Annahme eines subjektiven Rechts auf Einsatz des der Grenzwerteinhaltung dienenden Instrumentariums nahe legt. An dieser Stelle kommt noch hinzu, dass mit dem Luftqualitätsplan das gesetzlich vorgesehene Koordinierungsinstrument zur Grenzwertdurchsetzung vorliegt.

Demgemäß wird für straßenverkehrsbeschränkende Festlegungen eines Luftqualitätsplans ein Anspruch der hierdurch Begünstigten aus § 40 Abs. 1 BImSchG vielfach bejaht<sup>163</sup>.

Zutreffenderweise wird man aber darüber hinaus einen Anspruch auf Planvollzug auch für sonstige in einem Luftqualitätsplan getroffene Festlegungen annehmen müssen<sup>164</sup>. Anspruchsgrundlage ist § 47 Abs. 6 BImSchG (i.V.m. der jeweils in Betracht kommenden Eingriffsermächtigung).

Soweit gegen einen derartigen allgemeinen Anspruch auf Planvollzug darauf verwiesen wird, die Pläne bänden nur die Verwaltung, seien rein internes Verwaltungshandeln, so dass daraus keine Ansprüche des Bürgers erwachsen könnten<sup>165</sup>, überzeugt dies nicht. Zunächst darf nicht verkannt werden, dass die in § 47 Abs. 6 BImSchG angeordnete Verbindlichkeit der Pläne außenrechtliche Wirkung bereits insoweit bewirkt, als alle zuständigen Rechtsträger gebunden werden, also nicht etwa nur der Träger der für die Planaufstellung zuständigen Immissions-

---

Hinweis auf den Charakter von § 45 Abs. 1 S. 1 BImSchG als bloßer Aufgabenzuweisungsnorm und die Koordinierungsfunktion der Luftqualitätspläne.

<sup>160</sup> Vgl. vorstehend a).

<sup>161</sup> Vgl. vorstehend a).

<sup>162</sup> Wöckel, NuR 2008, 32 (34). In diesem Sinne wohl auch BVerwGE 129, 296 (301 ff., insb. Rn. 25, 31).

<sup>163</sup> Klinger/Löwenberg, ZUR 2005, 169 (173); Sparwasser, NVwZ 2006, 369 (374); Steenbuck, NVwZ 2005, 770 (771); Zeiss, UPR 2005, 253 (254).

<sup>164</sup> Ebenso Jarass, VerwArch 2006, 429 (449); Sparwasser, NVwZ 2006, 369 (373); Rehbindner, NuR 2005, 493 (498). Wohl auch BVerwG, NJW 2007, 3591 (3591 f.).

<sup>165</sup> So Klinger/Löwenberg, ZUR 2005, 169 (173).

schutzbehörde<sup>166</sup>. Das betrifft aber zunächst nur das Verhältnis zwischen unterschiedlichen Verwaltungsträgern. Was das Verhältnis zum Bürger angeht, bedeutet die Tatsache, dass sich für ihn aus einem Luftreinhalte- bzw. Aktionsplan keine unmittelbaren *Pflichten* ergeben<sup>167</sup> nicht, dass er nicht gleichwohl durch den Plan (i.V.m. § 47 Abs. 6 BImSchG) *berechtigt* werden könnte. Nach der Systematik des Luftqualitätsrechts hat die Verwaltung – gewissermaßen auf der ersten Stufe<sup>168</sup> – die Wahl, wie sie die Einhaltung der Grenzwerte gewährleistet<sup>169</sup>. Mit der Umsetzung der in Luftqualitätsplänen enthaltenen Maßnahmen – auf der zweiten Stufe – muss die Einhaltung der Grenzwerte dann aber auch gewährleistet sein. Die Inpflichtnahme der Behörden nach § 47 Abs. 6 BImSchG dient mittelbar der Durchsetzung der drittschützenden Grenzwerte und erfolgt damit auch im Interesse des von Grenzwertüberschreitungen betroffenen Personenkreises. Dies spricht dafür, den Luftqualitätsplänen eine durch § 47 Abs. 6 BImSchG vermittelte – (rein) berechtigende – Außenwirkung auch im Verhältnis zum Bürger zuzusprechen<sup>170</sup>.

Danach hat der Einzelne nach § 47 Abs. 6 S. 1 BImSchG einen Anspruch darauf, dass die jeweils zuständige Behörde die im Luftqualitätsplan festgelegten Maßnahmen durchführt. Ist der Behörde durch das Fachrecht ein Ermessen eingeräumt, besteht wegen der regelmäßig anzunehmenden Reduzierung des Entschließungsermessens auf Null<sup>171</sup> jedenfalls ein Anspruch auf geeignete Maßnahmen. § 47 Abs. 6 S. 2 BImSchG vermittelt demgemäß ein subjektives Recht auch Berücksichtigung der planungsrechtlichen Festlegungen des Luftqualitätsplans in der Abwägung<sup>172</sup>.

#### **d) Anspruch auf Aufstellung (ausreichender) Luftqualitätspläne**

Fraglich ist, ob dem Einzelnen bei einer Überschreitung der Immissionswerte auch ein Anspruch auf Aufstellung eines Luftqualitätsplans gemäß § 47 Abs. 1 u. 2 BImSchG zustehen kann. Die Frage wird in Rechtsprechung<sup>173</sup> wie Literatur<sup>174</sup> unterschiedlich beantwortet.

Gegen einen Anspruch auf Planaufstellung wird die vorstehend dargestellte Zweistufigkeit des Luftqualitätsrechts ins Feld geführt. Die erste Stufe, die nicht unmittelbar luftverbessernd wirkende Luftqualitätsplanung habe zunächst nur eine verwaltungsinterne Koordinierungsfunktion und sei deshalb als außerhalb des Rechtskreises der Betroffenen stehend anzuse-

---

<sup>166</sup> Vgl. oben VI.2.b), S. 52.

<sup>167</sup> Vgl. oben VI.2.b), S. 53.

<sup>168</sup> So *Sparwasser*, NVwZ 2006, 369 (373).

<sup>169</sup> Denn die Verwaltung ist regelmäßig nicht auf bestimmte planunabhängige Maßnahmen festgelegt (vgl. oben VI.2.c)aa), S. 53) und auch der Inhalt eines aufzustellenden Luftqualitätsplan steht grundsätzlich in ihrem Ermessen (vgl. oben VI.2.a), S. 51).

<sup>170</sup> Im Ergebnis ebenso *Streppel*, EurUP 2006, 191 (194 f.).

<sup>171</sup> Vgl. oben VI.2.b), S. 52 (zu Fn. 110).

<sup>172</sup> *Sparwasser*, NVwZ 2006, 369 (374).

<sup>173</sup> Gegen einen Anspruch auf Planaufstellung BVerwGE 128, 278 (281 ff., Vorabentscheidungsersuchen an den EuGH); VG München, NVwZ 2005, 839 (841) u. 1219 (1221 f.). Für einen Anspruch VGH München, NVwZ 2007, 233 (235 f.); VG Stuttgart, NVwZ 2005, 971 ff.

<sup>174</sup> Gegen einen Anspruch auf Planaufstellung etwa *Herrmann*, in: Koch/Scheuing (Hrsg.), GK BImSchG, Stand Mai 2005, § 47 Rn. 133; *Jarass*, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 47 Rn. 50; *Scheidler*, LKV 2008, 55 (56 f.). Einen Anspruch befürwortend *Jarass*, VerwArch 2006, 429 (449); *Klinger/Löwenberg*, ZUR 2005, 169 (173); *Krohn*, ZUR 2005, 371 (373); *Sparwasser*, NVwZ 2006, 369 (376 f.); *Streppel*, EurUP 2006, 191 (195 f.); *ders.*, ZUR 2008, 23 (25 f.); *Wöckel*, NuR 2007, 598 (599 ff.). Nach *Rehbinder*, NuR 2005, 493 (498) kommt ein Anspruch nur beim Aktionsplan in Betracht.



hen<sup>175</sup>. Allein unter Hinweis auf die subjektiv-rechtliche Qualität der Immissionswerte wird sich dieses Argument wohl nicht entkräften lassen, weil daraus noch kein Anspruch auf eine konkrete Maßnahme abgeleitet werden kann<sup>176</sup>. Und unmittelbar luftqualitätsverbessernd und somit die Situation der Betroffenen verbessernd wirkt erst der Planvollzug gemäß § 47 Abs. 6 BImSchG (sowie die planunabhängigen Maßnahmen gemäß § 45 Abs. 1 S. 1 BImSchG).

Entscheidend für einen Anspruch auf Planaufstellung dürfte sprechen, dass nur so die Durchsetzung des – gemeinschaftsrechtlich induzierten – subjektiven Rechts auf Einhaltung der Immissionswerte effektiv gesichert erscheint. Die Emissions- und Immissionssituation ist zumeist sehr komplex und die Aufstellung eines Luftqualitätsplans wird deshalb vielfach schon rein tatsächlich unentbehrlich sein, um diese Komplexität zu bewältigen und weitere Handlungsoptionen zum Schutz der Betroffenen erst einmal zu erkennen<sup>177</sup>. Das dürfte auch das Argument entkräften, der Aktionsplan selbst bewirke unmittelbar noch keine Verbesserung der Luftqualität. Seine Ermittlungs- und Koordinierungsfunktion, seine mittelbare Schutzwirkung, begründet gerade die eigenständige Bedeutung des Aktionsplans gegenüber unmittelbar immissionsmindernd wirkenden Maßnahmen – und zwar auch im Interesse der durch den Grenzwert geschützten Personen. Das spricht dafür, dass diesen Personen auch die Rechtsmacht zur Durchsetzung der Planungspflicht eingeräumt ist<sup>178</sup>.

In diesem Sinne hat nunmehr auch der EuGH entschieden<sup>179</sup>: Der betroffene Einzelne müsse im Falle der Gefahr einer Grenzwertüberschreitung bei den zuständigen nationalen Behörden die Erstellung eines Aktionsplans erwirken können, und zwar auch dann, wenn er nach dem nationalen Recht über andere Handlungsmöglichkeiten verfügen sollte, um die Behörden dazu zu bringen, Maßnahmen zur Bekämpfung der Luftverschmutzung zu treffen. Im Rahmen des Aktionsplans seien Maßnahmen zu ergreifen, die geeignet sind, die Gefahr der Überschreitung der Grenzwerte unter Berücksichtigung der tatsächlichen Umstände und aller betroffenen Interessen auf ein Minimum zu verringern und schrittweise zu einem Stand unterhalb dieser Werte zurückzukehren.

Luftqualitätspläne sind ihrer Rechtsnatur nach Fachpläne eigener Art<sup>180</sup>. Der Anspruch auf Planerstellung ist daher im Wege der allgemeinen Leistungsklage<sup>181</sup> bzw. allgemeinen Feststellungsklage<sup>182</sup> durchzusetzen.

## VII. Gemeinsame Vorschriften

Aus dem siebenten Teil des BImSchG (§§ 48-62) sind hervorzuheben das Trennungsgebot des § 50 BImSchG sowie die Überwachungsvorschriften der §§ 52 ff. BImSchG.

---

<sup>175</sup> In diesem Sinne BVerwGE 128, 278 (286 ff.); VG München, NVwZ 2005, 839 (841); Willand/Buchholz, NJW 2005, 2641 (2644).

<sup>176</sup> Sparwasser, NVwZ 2006, 369 (376); Strohm, ZUR 2005, 371 (372). Zu kurz greift deshalb die Argumentation von VG Stuttgart, NVwZ 2005, 971 (974) und Klinger/Löwenberg, ZUR 2005, 169 (173).

<sup>177</sup> VGH München, NVwZ 2005, 1094 (1095); Krohn, ZUR 2005, 371 (373).

<sup>178</sup> Wöckel, NuR 2007, 598 (601).

<sup>179</sup> EuGH, Urt. v. 25. 7. 2008, Rs. C-237/07, NVwZ 2008, 984 (985, Tz. 39 ff.).

<sup>180</sup> Vgl. hierzu Sparwasser, NVwZ 2006, 369 (375 f.) sowie Streppel, EurUP 2006, 191 (196 f.), jew. m.w.N.

<sup>181</sup> VGH München, NVwZ 2007, 233 (233); VG Stuttgart, NVwZ 2005, 971 (972); Sparwasser, NVwZ 2006, 369 (376).

<sup>182</sup> Dies, wenn man mit der Rechtsprechung Feststellungsklage gegen die stets urteilstreue öffentliche Hand nicht am Subsidiaritätsgrundsatz scheitern lässt; vgl. hierzu Kopp/Schenke, VwGO, 15. Aufl. 2007, § 43 Rn. 28.

(1) Gemäß § 50 BImSchG sind bei raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen die für eine bestimmte Nutzung vorgesehenen Flächen einander so zuzuordnen, dass schädliche Umwelteinwirkungen und störfallbedingte Auswirkungen auf Wohn- und sonstige schutzwürdige Gebiete soweit wie möglich vermieden werden. § 50 BImSchG normiert damit ein Trennungsgebot. Ob es sich dabei um ein Optimierungsgebot handelt, dem im Rahmen planerischer Abwägung ein erhöhtes Gewicht beizumessen ist, ist umstritten<sup>183</sup>.

§ 50 BImSchG gilt z.B. für Raumordnungspläne, Bauleitpläne und straßenrechtliche Planfeststellungsbeschlüsse.

(2) Nach § 52 Abs. 1 BImSchG haben die zuständigen Behörden die Durchführung des BImSchG und der auf dieses Gesetz gestützten Rechtsverordnungen zu überwachen. § 52 Abs. 1 BImSchG ist eine Aufgabennorm, begründet also keine Befugnisse.

Damit die zuständigen Behörden die für ihre Überwachungsaufgaben unerlässlichen Informationen gewinnen können, hat der Gesetzgeber in § 52 Abs. 2-6 BImSchG bestimmte Personen (insb. Eigentümer und Betreiber von Anlagen) zur Duldung bestimmter Überwachungsmaßnahmen und zur Informationsgewährung verpflichtet. In den §§ 26-31 BImSchG sind den zuständigen Behörden spezielle immissionsschutzrechtliche Überwachungsbefugnisse zur Ermittlung von Immissionen und Emissionen eingeräumt.

Bei bestimmten genehmigungsbedürftigen Anlagen wird die staatliche Überwachung durch eine betriebsinterne, fachkundige und eigenverantwortliche Überwachung in Gestalt des Betriebsbeauftragten für Immissionsschutz ergänzt (§§ 53-58 BImSchG; 5. BImSchV).

Bei genehmigungsbedürftigen Anlagen mit besonderem Gefahrenpotential i.S.d. § 58a Abs. 1 S. 1 BImSchG hat der Betreiber durch privatrechtlichen Arbeits- oder Dienstvertrag mindestens einen fachkundigen Störfallbeauftragten zu bestellen (§§ 58a-58d BImSchG; 5. BImSchV).

---

<sup>183</sup> Befürwortend BVerwGE 71, 163 (165 f.); BVerwG, NVwZ 1989, 151 (152); *Hansmann*, in: Landmann/Rohmer, Umweltrecht Bd. 1, § 50 BImSchG Rn. 50; *Jarass*, BImSchG, 7. Aufl. 2007, § 50 Rn. 19. Ablehnend BVerwGE 108, 248 (256): bloße Abwägungsdirektive; ebenso *Halama*, VBilBW 2006, 132 (133); *Kupfer/Wurster*, Die Verwaltung 40 (2007), 239 (270); tendenziell auch BVerwG, ZfBR 2005, 71 f. sowie BVerwGE 125, 116 (172).



Normen erarbeiten

Normen kaufen

Normen anwenden

Aktuelles

**Erfolg durch Normung »**

Internationaler Handel

Globaler Marktzugang

Innovationsmanagement

Wirtschaftlichkeit

Sicherheit und Nachhaltigkeit

Unternehmensstrategie

Deutsche Normungsstrategie

DIN-Preise

DIN als Partner

DIN in der Welt

Wir über uns

Karriere

Presse

[Startseite](#) > **Erfolg durch Normung**


## Erfolg durch Normung

Normen erbringen einen hohen betriebs- und volkswirtschaftlichen Nutzen, der für Deutschland auf rund 16 Milliarden Euro pro Jahr beziffert wurde.

Normen fördern den weltweiten Handel und dienen der Rationalisierung, der Qualitätssicherung, dem Schutz der Gesellschaft sowie der Sicherheit und Verständigung. Das Wirtschaftswachstum wird durch Normen stärker beeinflusst als durch Patente oder Lizenzen.

Normung ist ein strategisches Instrument im Wettbewerb. Unternehmen, die sich an der Normungsarbeit beteiligen, erzielen Vorteile durch ihren Wissens- und Zeitvorsprung. Sie können dadurch Forschungsrisiken und Entwicklungskosten senken. Durch die Anwendung von Normen können Transaktionskosten, z. B. im Einkauf und bei Ausschreibungen, deutlich reduziert werden.

Normen leisten einen bedeutenden Beitrag zur Deregulierung, indem sie den Staat von technischen Detailregelungen entlasten. Durch die Verweisung auf Normen kann der Gesetzgeber zudem wesentlich flexibler auf Änderungen im Stand der Technik reagieren.

**Druckansicht****Suche**

Alle Bereiche

**Warum Normen? Experten antworten.**


Der Nutzen der Normung hat viele Facetten. Hier finden Sie

Links zu einigen Kurzfilmen. [mehr](#)

Downloads

**Zusammenfassung Nutzen der Normung**  
(221.1 KB)

## Internationaler Handel



Internationale und Europäische Normen funktionieren wie eine gemeinsame technische Sprache, die von Handelspartnern zur Vermeidung von technischen Handelshemmnissen auf dem globalen Markt verwendet wird. [mehr](#)

## Globaler Marktzugang



Die Anwendung von internationalen Normen und die aktive Teilnahme

am Normungsprozess erleichtern den Marktzugang von Produkten und Dienstleistungen. Normen sind damit Basis für den Erfolg von Unternehmen am Weltmarkt. [mehr](#)

## Innovationsmanagement



Normung und Standardisierung haben positive Effekte auf den gesamten Innovationsprozess, von der Grundlagenforschung

bis zur Marktfähigkeit neuer Produkte. Normen sind eine Wissensbasis und ein Katalysator für Innovationen. [mehr](#)

## Wirtschaftlichkeit



Ein Unternehmen kann durch Anwendung von Normen Kosten einsparen. Alle Bereiche eines Unternehmens profitieren. [mehr](#)



Sie sind hier: [Startseite](#) > [Lärm - Aktuelles](#) > [Lärmprobleme](#) > Nachbarschaftslärm

## Lärm

### Nachbarschaftslärm

Letzte Änderung: 15.04.2009

Geräusche, die durch Tätigkeiten von Privatpersonen in der Nachbarschaft hervorgerufen werden und störend oder belästigend wirken, werden als Nachbarschaftslärm bezeichnet. Zu derartigen Geräuschen gehören beispielsweise die Radiowiedergabe, eine Party, Heimwerkerarbeiten in der Wohnung oder im Garten oder auch der Betrieb von Fahrzeugen auf privatem Gelände.

Lärm, der von benachbarten Gewerbe- oder Industriebetrieben ausgeht, ist kein Nachbarschaftslärm. Es handelt sich um Gewerbelärm. Regelungen zum Gewerbelärm enthält die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm PDF / 75 KB. Ebenfalls nicht um Nachbarschaftslärm handelt es sich bei Geräuschen, die durch kommunale Fahrzeuge (Müllabfuhr, Straßenreinigung) verursacht werden.

Zum Schutz vor Nachbarschaftslärm existieren keine speziellen bundeseinheitlichen gesetzlichen Regelungen. Hinweise finden sich in Landesimmissionsschutzgesetzen der Bundesländer, in Regelungen der Kommunen oder auch in Hausordnungen. In bestimmten Fällen kann auch das Bürgerliche Gesetzbuch ([§ 906](#) und [§ 1004](#)) Anwendung finden.

Um Menschen in Wohnräumen vor unzumutbaren Belästigungen durch Schallübertragung zu schützen, wurden in der DIN 4109 "Schallschutz im Hochbau - Anforderungen und Nachweise" Anforderungen an den Schallschutz festgelegt. Diese Norm gilt u.a. zum Schutz gegen Geräusche, z.B. Sprache, Musik, Gehen, aus fremden Räumen. Auch bei Erfüllung der Anforderungen ist nicht zu erwarten, dass Geräusche von außen und innen nicht mehr wahrgenommen werden.

Im Bereich des Nachbarschaftslärms entscheiden häufig eine Information über die Lärmquelle und die Einstellung zu ihr, ob ein Geräusch überhaupt als Lärm betrachtet wird. Sprechen Sie gegebenenfalls mit anderen Nachbarn, ob diese sich auch gestört fühlen.

Liegt eine Belästigung oder Störung vor, ist der Verursacher immer der erste Ansprechpartner. Als Mieter können Sie sich auch an den Vermieter wenden. Der nächste Ansprechpartner ist die Ordnungsbehörde.

Als letzte Möglichkeit bleibt der private Rechtsweg. Vor einem solchen Schritt sollten Informationen über den Erfolg/Mißerfolg einer solchen Klage unbedingt eingeholt und die Folgen für das nachbarschaftliche Klima bedacht werden.

#### Weitere Hinweise

- [Rechtliche Grundlagen](#)
- [Publikationen](#)
- [Veranstaltungen](#)

© 2010 Umweltbundesamt Dessau-Roßlau


**Senatsverwaltung  
Bereich Umwelt**


zur Übersicht:  
Senatsverwaltung für  
Gesundheit, Umwelt und  
Verbraucherschutz

**Umwelt**
**Lärm**
**Informationen zum  
Lärmschutz**

Allgemeine Hinweise  
Anmerkungen zum  
Lärmrecht in Berlin  
**An wen wende ich  
mich?**  
Beispiele Gewerbelärm  
Beispiele Verkehrslärm  
Beispiele Hauslärm  
Beispiel Schanklärm  
Beispiel Tierlärm  
Beispiel  
Veranstaltungslärm  
Beispiel Freizeitlärm  
Beispiel Baulärm  
Baustellen und  
Veranstaltungen  
Zuständigkeiten  
Landes-Immissions-  
schutzgesetz Berlin  
(LImSchG)  
weitere  
Rechtsvorschriften  
Anschriften  
Downloads  
Kontakt

Druckversion

## An wen kann ich mich im Falle einer Ruhestörung wenden?

Die jeweils verantwortlichen Verwaltungsbehörden sind nur für die Verfolgung und Ahndung von Lärmstörungen zuständig, durch die gegen **öffentlich-rechtliche Vorschriften** verstoßen wird.

Bei **Verstößen gegen privatrechtliche Vereinbarungen**, die über die Bestimmungen des Landes-Immissionsschutzgesetzes Berlin hinausgehen (wie etwa Ruheschutz während der **Mittagszeit** in Mietverträgen oder zeitliche Verbote für den Einsatz bestimmter Haus- und Gartengeräte in **Satzungen von Siedlerverbänden**), sollte daher die zuständige Hausverwaltung oder der Verband eingeschaltet werden, damit der Lärmverursacher von diesen gebeten werden kann, den Lärm abzustellen. Im Streitfall muss in diesen Fällen der Zivilrechtsweg beschritten werden.

Bevor die Umweltschutzbehörden eingeschaltet werden, sollte zunächst der verantwortliche Lärmverursacher gebeten werden, das vermeidbare Geräusch zu unterlassen oder das unvermeidbare Geräusch durch geeignete Maßnahmen zu mindern.

Kommt der Lärmverursacher dieser Bitte nicht nach, sollte zur Beseitigung einer noch andauernden erheblichen Störung das **Ordnungsamt** in der Zeit von 6.00 bis 22.00 Uhr bzw. die **Polizei** in der Zeit von 22.00 bis 6.00 Uhr über die Wache des zuständigen Abschnitts oder in Notfällen (z.B. bei gesundheitsgefährdendem Lärm) über den Notruf 110 alarmiert werden.

Wird eine Anzeige erstattet, sollten der Polizei weitere Tatzeugen benannt werden.

Sofern die Polizei nicht eingeschaltet wird, kann eine schriftliche oder telefonische Beschwerde mit genauer Angabe des Lärmgeschehens, der/des Lärmverursacher(s), der Tatzeit und möglichst mit Benennung von Zeugen der jeweils zuständigen Verwaltungsbehörde übermittelt werden.

Zur Beratung in Fragen der Lärmverhütung und Lärmbekämpfung stehen darüber hinaus die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der [bezirklichen Umweltämter](#) bzw. der [Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz](#) während der üblichen Dienstzeiten zur Verfügung.

Sollten Sie sich durch technische Anlagen Ihres Wohnhauses gestört fühlen (wie z.B. Entlüfter, Fahrstuhl, Müllschlucker), wenden Sie sich bitte zunächst an den Eigentümer der Wohnanlage; soweit dann noch erforderlich, auch an das örtliche Bezirksamt.


**Kontakt**


**Senatsverwaltung für  
Gesundheit, Umwelt und  
Verbraucherschutz**  
Dienstgebäude  
Brückenstraße 6  
10179 Berlin


 [Stadtplan](#)

Telefon (030) 9025-0  
Fax (030) 9025-2501

**Fahrverbindungen**

 S-Bahnhof:  
[S Jannowitzbrücke:](#)  
S5, S7, S75, S9

 U-Bahnhof:  
[U Jannowitzbrücke:](#)  
U 8


 Bus-Haltestellen:  
U Heinrich-Heine-Str.  
147

**Downloads**

[Formulare](#)

[Rechtsvorschriften  
\(inklusive Arbeitshilfen\)](#)

**Hinweis**

Zum Betrachten von PDF-Dokumenten benötigen Sie den kostenlosen Adobe Reader. [Download](#) 

[Unsere PDF-Formulare  
können Sie speichern.](#)

# **Einfluss von Verkehrslärm auf den Bodenwert und auf den Verkehrswert von Eigentumswohnungen**

*Dipl.-Ing. Anne-K. Borowski (Dresden)*

*von der IHK Dresden öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige für die Bewertung von bebauten und unbebauten Grundstücken*

*zertifiziert nach DIN EN 45013*

Der folgende Artikel legt dar, wie Immobiliensachverständige den Einfluss des Verkehrslärmes in der Verkehrswertermittlung von Wohnimmobilien quantifizieren können. Dies wird am Beispiel von Untersuchungen in Dresden vorgeführt.

Lärm strapaziert nicht bloß die Nerven sondern kann gravierende Gesundheitsschäden hervorrufen. Besonders Herz und Kreislauf leiden unter Dauerkraach. „Wenn unsere Ergebnisse stimmen, dann ist der Lärm inzwischen nach dem Rauchen das Herzinfarkttrisiko Nummer zwei“, sagte Dr. Hartmann vom Umweltbundesamt auf einem Symposium des Bundesumweltministeriums in Bonn.

Die Mediziner haben das Problem erkannt, auch bei den Politikern trägt der Erkenntnisprozess erste Früchte. So wird in der EU eine Richtlinie für geräuscharme Reifen diskutiert. Drängenden Handlungsbedarf gegenüber dem Kraach an Straßen, Schienen und Flughäfen sieht das Bundesumweltministerium. Hier wird als mittelfristiges Qualitätsziel eine Unterschreitung des 65 dB Wertes gesetzt.

Als praktischer Meß- und Rechenwert für die Kennzeichnung der Schallstärke wurde darum der Schalldruckpegel - meistens einfach Schallpegel genannt - eingeführt. Dieser Schallpegel stellt den logarithmischen Bezug der vorhandenen absoluten Schalldrücke zum Bezugsschalldruck bei der Hörschwelle des Menschen bezogen auf 1000 Hz dar. Die Größe des Schallpegels und aller Schallpegeldifferenzen wird in Dezibel (dB) angegeben. Damit ergibt sich ein praktischer Pegelbereich von 0 dB (Hörschwelle) bis 120 dB (Schmerzgrenze). Mit der Verwendung eines logarithmischen Maßstabes soll das Hörempfinden des Menschen nachgebildet werden, denn vom menschlichen Ohr werden lineare Steigerungen der physikalisch messbaren Größe des Schalldrucks nicht als lineare Veränderungen empfunden. Versuche haben ergeben, dass eine exponentiale Steigerung des Schalldrucks im Hörempfinden als lineare Steigerung wahrgenommen wird. Durch die Anwendung eines logarithmischen Maßstabes für die exponentiale Steigerung des Schalldruckes und den Gebrauch des Schallpegels im linearen Maßstab wird also besser dem linearen Hörempfinden des Menschen entsprochen. In der Praxis bedeutet dies zum Beispiel, zwei gleichlaute Schallquellen werden zusammen nicht als doppelt so laut empfunden wie eine Schallquelle, sondern der Schallpegel erhöht sich nur um 3 dB. Diese zwei gleichlauten Schallquellen bringen also zwar eine Verdoppelung der Schallenergie, jedoch wird dies vom menschlichen Ohr nur bei leisen Geräuschen auch als doppelt so laut empfunden. Bei Schallpegeln über 50 dB ergibt erst eine Pegelzunahme um rund 10 dB eine Verdopplung des subjektiven Lautstärkeindrucks.

Negative Einflüsse auf die Gesundheit sind jedoch nur eine Seite des Phänomens Verkehrslärm, die andere, uns Sachverständige für Verkehrswertermittlung betreffende Seite, ist der Einfluss des Lärmes auf den Verkehrswert von Immobilien.

Zu diesem Thema sind umfassende Untersuchungen und sachdienliche sowie anwendbare Veröffentlichungen Mangelware. Die Standardwerke der Verkehrswertermittlung bieten lediglich globale Aussagen, die neben der fachlichen Erfahrung allenfalls unterstützend herangezogen werden können. Relativ bekannt sind die Arbeiten von Frau Borjans und von Herrn Scholland. Die Arbeit von Frau Borjans beruht auf Untersuchungsergebnissen aus

innerstädtischen Wohngebieten in Köln. Für Einfamilienhäuser ergibt sich nach *Borjans* eine mittlere Wertminderung von 0,5 % des Bodenwertes bei Zunahme des Schallpegels um 1 dB(A). Die Veröffentlichung von Herrn Scholland stützt sich auf ein umfangreiches Datenmaterial aus drei Städten und Gemeinden unterschiedlicher Größenordnung in Nordrhein-Westfalen. Für reine Wohngebiete ergibt sich nach *Scholland* im Bereich eines Schallpegels von 40 bis 60 dB(A) eine mittlere Wertminderung von 1,7 % des Bodenwertes bei Zunahme des Schallpegels um 1dB(A). In allgemeinen Wohngebieten ist die Wertminderung etwa halb so groß.

Leider sind die Ergebnisse dieser Untersuchungen nicht pauschal anwendbar. Es ist Aufgabe jedes Sachverständigen, die den Wert beeinflussenden Faktoren in der Verkehrswertermittlung hinreichend genau zu untersuchen und in die Bewertung einfließen zu lassen. Zweifellos gehören die Immissionen zu den tatsächlichen Eigenschaften bzw. der sonstigen Beschaffenheit des Wertermittlungsobjektes. Sind die Auswirkungen dieser Immissionen auf den Verkehrswert jedoch immer gleich ? Zweifellos nein. Würde doch der Verkehrswert eines Tankstellengrundstückes sicher nicht gewinnen, wenn die Tankstelle an einer vergleichsweise ruhigen Straße läge.

Auch hat die aktuelle Marktsituation gravierenden Einfluss darauf, ob sich Immissionen- darunter Verkehrslärm- überhaupt auf den Verkehrswert einer Immobilie auswirkt. So wird in Zeiten eines Verkäufermarktes buchstäblich jede Immobilie gekauft , die auf dem Markt erscheint und nur annähernd in das gesuchte Marktsegment passt.

In Zeiten eines Käufermarktes, so wie er im Dresdner Raum derzeit in fast allen Marktbereichen zu finden ist, in solchen Zeiten finden neben anderen Kriterien auch Immissionsbelastungen verstärkt Beachtung. Direkte Auswirkungen sind nur im Bereich der zu Wohnzwecken genutzten Immobilien feststellbar. Wie schon beim obigen Tankstellenbeispiel ist es nämlich für den Verkehrswert einer Bankfiliale, für Geschäftslagen und auch für eine ganze Reihe von Gewerbebetrieben durchaus nicht dem Wert abträglich, an einer vielbefahrenen Straße zu liegen. Bei den nun folgenden Untersuchungen werden also immer zu Wohnzwecken nutzbare Immobilien im Mittelpunkt der Betrachtung stehen.

### **Wie kann das Kriterium Verkehrslärm in der Verkehrswertermittlung quantifiziert werden ?**

In der Fachliteratur finden sich pauschale Aussagen, dass sich Verkehrslärm um bis zu 10 % mindernd auf den Bodenwert auswirkt. Bodenwertminderungen ähnlicher Größenordnung wurden durch Untersuchungen anhand der Bodenrichtwertkarte in Dresden bestätigt. Ein einfacher Vergleich von Bodenwerten für Wohnbebauung an verkehrslärmbelasteten Straßen mit an in der Nähe befindlichen ruhiger gelegenen Grundstücken mit gleichartiger Wohnbebauung bestätigt den wertmindernden Einfluss von Verkehrslärm auf den Bodenwert von Wohngrundstücken (Tabelle 1). Hier finden sich Wertminderungen zwischen 10 % und 25 %.

## Vergleich Bodenrichtwerte nach Bodenrichtwertkarte 01.01.2002 für Wohnbauflächen in Dresden

Verkehrslärm-belastete Straße	Bodenrichtwert Verkehrslärm-belastet	Grund-stücks-styp	Ent-fernung	Verkehrslärm-unbelastete Straße	Bodenrichtwert Verkehrslärm-unbelastet	Grund-stückstyp
Grundstraße	130 €/m <sup>2</sup>	W II 11	300 m	Wachbergstr.	180 €/m <sup>2</sup>	W II 11 W II 12
Tharandter Straße	120 €/m <sup>2</sup>	W IV 22 1,8	400 m	Dölzschener Straße	135 €/m <sup>2</sup>	W IV 21 1,2
Königsbrücker Landstraße	130 €/m <sup>2</sup>	W III 21	100 m	Alexander-Herzen-Straße	155 €/m <sup>2</sup>	W III 21 0,5
Bautzner Landstraße	160 €/m <sup>2</sup>	W III 11	100 m	Alexander-sraße	200 €/m <sup>2</sup>	W III 11

Während der Einfluss des Verkehrslärmes in einfachen Wohnlagen, wie bspw. in Löbtau (Tharandter Straße) vergleichsweise niedrig ist (12 %) , macht er sich in guten Wohnlagen bereits deutlich stärker bemerkbar. Am gravierendsten wirkt sich der Einfluss des Verkehrslärmes bei exklusiver Wohnbebauung aus. So findet sich bspw. im Dresdner Stadtteil Weißer Hirsch durchaus noch repräsentative Wohnbebauung an der stark mit Verkehrslärm belasteten Bautzner Landstraße mit einem Bodenrichtwert von 160 €/m<sup>2</sup> für eine III-geschossige freistehende Villenbebauung. An der kaum 100 m entfernten Alexanderstraße wird für den exakt gleichen Grundstückstyp bereits ein Bodenrichtwert von 200 €/m<sup>2</sup> angegeben (20 % Unterschied beim Bodenwert). Am höher gelegenen Lahmannring in ebenfalls ca. 100 m Entfernung von der Bautzner Landstraße werden bereits 340 €/m<sup>2</sup> für ebenfalls III-geschossige Villenbebauung angegeben.

### Vorgefundener Straßenverkehrslärm

Um das Maß der Verkehrslärmbelastung der einzelnen Straßen festzustellen, wurde der **Umweltatlas** Dresden ausgewertet. § 47 a des Bundes-Immissionsschutzgesetzes verpflichtet die Gemeinden in Gebieten, in denen schädliche Umwelteinwirkungen durch Geräusche hervorgerufen oder zu erwarten sind, die Belastungen durch die einwirkenden Geräuschquellen zu erfassen und ihre Auswirkungen auf die Umwelt festzustellen. Diese Bestandsaufnahme soll zur Grundlage für ein planvolles Handeln werden und damit in Lärminderungspläne für belastete Wohngebiete münden. In Dresden sind zwei Straßenverkehrslärmkarten (Tag und Nacht) entstanden. Sie dienen u.a. als Grundlage bei der Planung von Bauvorhaben zur Schaffung von schutzbedürftigen Räumen, wie Bettenräume in Krankenhäusern, Aufenthaltsräume in Wohnungen, Unterrichtsräume und Büroräume. Die enthaltenen Werte ziehen ab bestimmten Schwellenwerten der Immission im Baugenehmigungsverfahren den Nachweis der Luftschalldämmung der Außenbauteile der geplanten Gebäude nach sich.

In der Straßenverkehrslärmkarte des Umweltatlas Dresden sind die verkehrslärmbelasteten Straßen farbig gekennzeichnet. So steht eine grüne Kennzeichnung für eine Schallimmission an der Straßenrandbebauung von > 45 dB(A) bis < 50 dB(A), gelb steht für > 55 dB(A) bis < 60 dB(A), rot für > 70 dB(A) bis < 75 dB(A), violett steht als stärkste Verkehrsimmissionslärmbelastung für > 75 dB(A) bis < 80 dB(A). Leider war eine farbige



Veröffentlichung dieser Karte hier nicht möglich. Sie kann jedoch im Internet unter [www.liegenschaftswerte.de](http://www.liegenschaftswerte.de) eingesehen werden. Die Veröffentlichung dort erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Umweltamtes Dresden.

Es gilt nun, den Einfluss des Verkehrslärmes sachgerecht zu skalieren.

### Bodenwertermittlung

In der Ermittlung des Bodenwertes spielt der Einfluss des Verkehrslärmes nur dann eine Rolle, wenn im Vergleichsverfahren die Vergleichswerte – oder die Bodenrichtwerte – aus Bereichen stammen, die ein abweichendes Maß an Verkehrslärmbeeinträchtigung vorweisen. Ist dies der Fall, kann neben den übrigen Kriterien, wie bspw. bauliche Ausnutzung des Grundstückes (GFZ), Zuschnitt, Flächenkoeffizienten, konjunkturelle Weiterentwicklung oder evtl. Bebauungsabschlag auch die Verkehrslärmbelastung Berücksichtigung in der Bodenwertermittlung finden. Immer wieder ist jedoch sachverständig zu prüfen, ob sich bei dem zu bewertenden Objekt dieses Kriterium überhaupt auswirkt.

Als Grenzen wurden in Dresden für einfache bis mittlere Wohnlagen bei einer Verkehrslärmbelastung von < 45 dB(A) bis < 50 dB(A) (grüner Bereich) **0 %**, für einen Verkehrslärm von > 75 dB(A) bis < 80 dB(A) **10 %** als Bodenwertminderung angesetzt. Für gute und sehr gute Wohnlagen muss dieser Abschlag noch höher sein.

Die dazwischen liegenden Werte können jedoch **nicht linear interpoliert** werden.

Hier dient als Hilfsmittel die Tabelle der sogenannten Lästigkeitsfaktoren, die in den Richtlinien für den Verkehrslärmschutz an Bundesfernstraßen in der Baulast des Bundes VLärmSchR 97 enthalten ist.

Schallimmission an der Straßenrandbebauung [dB(A)]	Lästigkeitsfaktor nach VLärmsSchR 97
45-50	keine Verkehrslärmbelastung
50-55	40
55-60	55
60-65	80
65-70	110
70-75	150
75-80	200

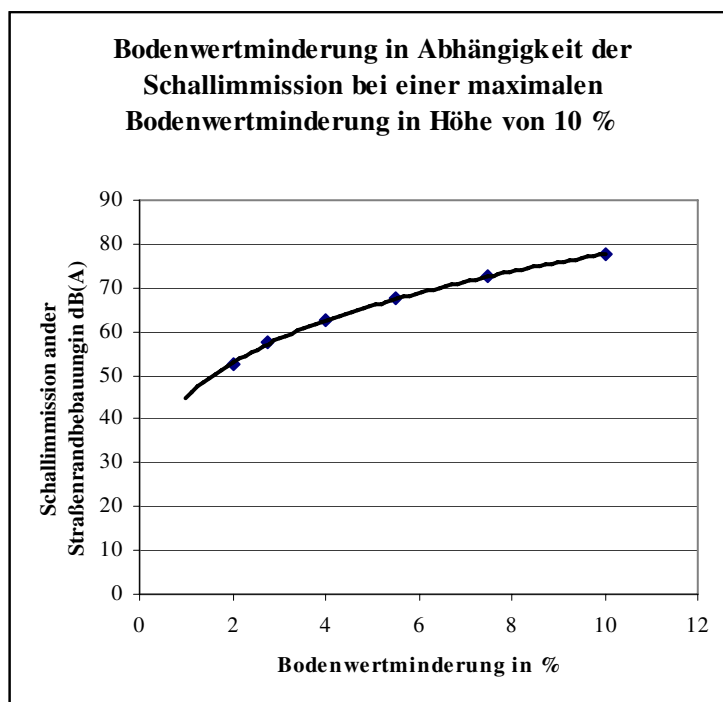
Diese Lärmschutzverordnung findet u.a. bei der Berechnung von Entschädigungsleistungen wegen verbleibender Beeinträchtigungen bei Straßenbaumaßnahmen des Bundes Anwendung, wenn Schutzmaßnahmen an der Straße keine oder keine ausreichende Abhilfe bringen.

Wie aus dem Beispiel erkennbar wurde, werden in der VLärmSchR 97 unterschiedlich hohen Beurteilungspegeln [dB(A)] entsprechende Lästigkeitsfaktoren zugeordnet.

Die **abzuleitende Bodenwertminderung** passt sich diesem Kurvenverlauf an.

Entsprechend diesem Kurvenverlauf stellt sich die Wertminderung für einfache bis mittlere Wohnlagen wie folgt dar:

Schallimmission an der Straßenrandbebauung [dB(A)]	Lästigkeitsfaktor nach VLärmsSchR 97	Bodenwertminderung in Prozent nach Borowski
45-50	keine Verkehrslärmbelastung	0
50-55	40	2
55-60	55	2,75
60-65	80	4
65-70	110	5,5
70-75	150	7,5
75-80	200	10



#### Beispiel:

Wird der Bodenwertermittlung ein Bodenrichtwert von einer nicht mit Verkehrslärm belasteten Straße zugrunde gelegt, so ergibt sich für ein Bewertungsgrundstück an einer Straße mit 65 bis 70 dB(A) Schallimmission laut **Umweltatlas – Straßenverkehrslärm Tag** eine **Bodenwertminderung von 5,5 %**. Die übrigen Anpassungsfaktoren, wie GFZ-Anpassung, konjunkturelle Weiterentwicklung u.s.w. sind entsprechend zusätzlich in Ansatz zu bringen.

### Verkehrswert von Eigentumswohnungen

Zweifelloos wirkt sich die Verkehrslärmbelastung auch auf den Vergleichswert von Eigentumswohnungen aus. Hier wurde der Gutachterausschuss Dresden mit einer Untersuchung beauftragt.

Zunächst mussten bei der Auswahl der zu untersuchenden Verkaufsfälle die anderen wertbeeinflussenden Umstände möglichst ausgeschlossen werden. So durften nur Verkaufsfälle aus dem

- derzeit vorherrschenden Käufermarkt- in welchem sich das Kriterium Verkehrslärm ohnehin erst auswirkt- untersucht werden. Außerdem sollten
- Wohnungsgröße,
- Geschosslage,
- Zustand,
- Ausstattung,
- Baujahr (sanierter Altbau bzw. Neubau) und
- Gemarkung der untersuchten Wohnungen

möglichst identisch sein.

### Auswertung

#### Einfluss des Verkehrslärmes auf Kaufpreise für Wohnungseigentum (Juni 2001) in Dresden

Neubau				Sanierter Altbau			
verkehrslärmbelastet		verkehrslärm-unbelastet		verkehrslärmbelastet		Verkehrslärm-unbelastet	
Anzahl der Kauffälle	€/m <sup>2</sup>	Anzahl der Kauffälle	€/m <sup>2</sup>	Anzahl der Kauffälle	€/m <sup>2</sup>	Anzahl der Kauffälle	€/m <sup>2</sup>
11	1.721	64	1.837	45	1.827	300	1.948
Vergleich zu verkehrslärm-unbelastet:	<b>6,7 %</b>			Vergleich zu verkehrslärm-unbelastet:	<b>6,6 %</b>		

Betrachtet wurde Wohnungseigentum in mittlerer Wohnlage (Erstverkäufe, freier Markt, Mehrfamilien- und Wohn- und Geschäftshäuser, ohne Wohnungen im Untergeschoss, ohne Verkäufe an ehemalige Mieter):

- |                            |                         |
|----------------------------|-------------------------|
| - Königsbrücker Straße     | - Bautzner Straße       |
| - Königsbrücker Landstraße | - Bautzner Landstraße   |
| - Leipziger Straße         | - Meißner Landstraße    |
| - Tharandter Straße        | - Großenhainer Straße   |
| - Schäferstraße            | - Karl-Marx- Straße     |
| - Könneritzstraße          | - Boltenhagener Straße  |
| - Freiburger Straße        | - Schillerstraße        |
| - Grundstraße              | - Kesselsdorfer Straße  |
| - Teplitzer Straße         | - Rudolf-Renner- Straße |
| - Dohnaer Straße (B172)    | - Reicker Straße        |
| - Strehleener Platz        | - Altenberger Straße    |

In mittlerer Wohnlage ergab sich ein um **6,7 %** höherer Verkehrswert für nicht mit Verkehrslärm belastete neuerbaute Wohnungen. Für sanierte Altbauten ergab sich ein um **6,6 %** höherer Verkehrswert im Schnitt für nicht mit Verkehrslärm belastete Wohnungen. Die unterschiedliche Verkehrslärmstärke konnte bei dieser Untersuchung nicht berücksichtigt werden, so dass die prozentualen Angaben **Mittelwerte** darstellen.

## Vergleichswertermittlung von Eigentumswohnungen

Die mit Hilfe des Gutachterausschusses Dresden ausgewerteten Daten zum Einfluss des Verkehrslärmes auf den Verkehrswert von Eigentumswohnungen (s.o.) können ähnlich wie bei der Bodenwertermittlung im Vergleichswertverfahren für Eigentumswohnungen Berücksichtigung finden.

Wird wiederum von einem maximalen Abschlag von 10 % ausgegangen, ergeben sich die Zwischenwerte wieder nach den zuzuordnenden Lästigkeitsfaktoren nach VlärmschR 97. Zur besseren Anwendbarkeit werden diese in Umrechnungskoeffizienten angegeben, die im Vergleichswertverfahren wie die anderen vom Gutachterausschuss Dresden ermittelten Umrechnungskoeffizienten benutzt werden können.

Schallimmission an der Straßenrandbebauung [db(A)]	keine Belastung	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80
Lästigkeitsfaktoren		40	55	80	110	150	200
Wertminderung in [%]	0	2	2,75	4	5,5	7,5	10
<b>UK</b>	<b>1,00</b>	<b>0,98</b>	<b>0,975</b>	<b>0,96</b>	<b>0,945</b>	<b>0,925</b>	<b>0,90</b>

Genau wie die bereits im Grundstücksmarktbericht der Stadt Dresden veröffentlichten Umrechnungskoeffizienten für die

- Wohnfläche,
- das Baualter,
- die Wohnlage,
- der Verkaufszeitpunkt,
- das Stockwerk, und
- die Gemarkung

können die Umrechnungskoeffizienten für den wertbeeinflussenden Faktor Verkehrslärm in der vorzunehmenden Vergleichswertermittlung Berücksichtigung finden.

### Sind die Ergebnisse der vorgenommenen Untersuchungen zu verallgemeinern ?

Wie bei vielen die Verkehrswertermittlung beeinflussenden Faktoren, ist auch hier die Erfahrung des Sachverständigen nicht nur wichtig, sondern von ausschlaggebender Bedeutung.

Unter der Voraussetzung , dass

- eine Immobilie zu bewerten ist, bei der sich vorhandener Verkehrslärm nachgewiesenermaßen auswirkt ,
- ein Käufermarkt vorherrscht, der Verkehrslärmbelastungen reflektiert,
- Vergleichsobjekte - wie Bodenwerte oder Vergleichskaufpreise - zur Verfügung stehen, die in einem anderen Maß von Verkehrslärm betroffen sind als das Bewertungsobjekt,

kann der Einfluss des Verkehrslärmes sachgerecht anhand der vorgestellten Verfahrensweise in die Bewertung einfließen. Voraussetzung ist die Kenntnis der Lärmsituation vor Ort, die mit Hilfe der von den Umweltämtern herausgegebenen Karten untersucht werden kann.

Die vorgestellte Verfahrensweise soll dem interessierten Sachverständigen als Handwerkszeug dienen, mit dem er die Verkehrslärmproblematik in der Wertermittlung bearbeiten kann.

Im folgenden Beitrag wird der Kollege Dipl.- Betriebswirt Bernd Täffner aus Worms anhand einer repräsentativen Eigentumswohnanlage den Einfluss von Verkehrslärm auf die Kaufpreise von Eigentumswohnungen darlegen und statistisch auswerten. Beispielhaft kommt darin zum Ausdruck, wie die örtliche Marktsituation den Einfluss des Verkehrslärmes und andere Einflüsse überdecken kann, wie sich aber in Zeiten eines Käufermarktes der Einfluss vorhandenen Verkehrslärmes gravierend wertbildend auswirkt.

-Hausrat und Mitbewohner-  
Pfarräcker  
71336 Waiblingen – Neustadt

An:

Die Stadtverwaltung Waiblingen

VZ	Stadt	BEI
FBL	Neustadt, 02.09.2009	BIT
CON		MEG
Kopie		CON
Ø	- 3. SEP. 2009	
R		
A.z.U.		
A.z.K.		
z.S.		
z.W.V.		
z.V.		
z.T.		
WV		

**Betrifft: Lärmbelästigung durch Jugendliche in Neustadt / Pfarräcker**

Sehr geehrte Damen und Herren,

Unser Mehrfamilienhaus (20 Einwohner) steht gegenüber der katholischen Kirche in den Pfarräcker in Waiblingen (Ortsteil Neustadt). Seit ungefähr 3 Monaten treffen sich fast jeden Abend, vor Allem aber am Wochenende, Jugendliche vor und auf dem Gelände der Kirche. Die ca. 15 – 20- Jährigen veranstalten dort gewissermaßen jedes Mal eine Party, verbunden mit großem Lärm und oft auch mit viel Abfall (Beispielsweise zerbrochene Flaschen, leere Zigarettenschachteln, usw.).

Auch wird die Straße oft als Fußballfeld benutzt, was auch schon zu gefährlichen Situationen geführt hat. Auch hat es den Anschein, dass die Jugendlichen nicht vor Sachbeschädigung zurückschrecken. Es werden z. B. Bäume und Verkehrsschilder beschädigt und auch die frisch von der Stadt Waiblingen gestrichenen Garagenwände werden mit Graffiti besprüht oder mit Farbe beschmiert.

Hier wohnen Bürger verschiedenen Alters und verschiedener Berufsgruppen. Ältere Renter, Berufstätige, die schon morgens um 6 Uhr am Arbeitsplatz erscheinen müssen, sowie Familien mit kleinen Kindern, die in die Schule oder den Kindergarten gehen.

Wir, die hier wohnenden Bürger sind genervt von der fast All- Abendlichen Lärmbelästigung und auch von dem herumliegenden Abfall!

Verschiedene Anwohner haben auch schon oft nachts die Polizei angerufen und sich über den Lärm beschwert. Die Polizei kam jeweils nach ca. einer halben Stunde, wechselte nur ein paar wenige Worte mit den Jugendlichen und ging wieder. Danach ging die Lärmbelästigung jedoch weiter, ja, die Jugendlichen machten sich sogar über die Polizei lustig!

Gerade jetzt, im Sommer, müssen die Anwohner die Fenster zumindest ein wenig öffnen, da es oft sehr warm ist. Gerade dann hört man den Lärm besonders und hat oft Schwierigkeiten, einzuschlafen.

Wir, die Anwohner der Pfarräcker, haben nichts gegen die Jugendlichen Zusammenkünfte, jedoch sollte es für die Jugendlichen eine Möglichkeit geben, wo sie sich treffen können, ohne, dass sich gleich jemand durch den Lärm belästigt fühlt. Ca. 200 Meter entfernt von den Pfarräcker gibt es z.B. einen Sportplatz, entfernt von Wohnhäusern, wo sich die Jugendlichen treffen könnten.

Hiermit bitten wir die Stadtverwaltung darum, dass Sie etwas unternimmt, um diese Lärmbelästigung und Ruhestörung zu unterbinden und auch eine Möglichkeit zu finden, wie und wo sich die Jugendlichen ungehindert treffen können, damit niemandem der Schlaf geraubt wird.

Mit freundlichen Grüßen,

Die Anwohner der Pfarräcker.

- Anbei die Namen und Wohnungen der Unterzeichner

Eigentümergeinschaft  
Stauferstraße



71334 Waiblingen, 07.08.2002

Bürgermeisteramt Waiblingen  
Kurze Straße 33

71332 Waiblingen

- Stadt Waiblingen -									
0	1	2	3	4	Z				
5	6	7	8	9					
Eing. 09. Aug. 2002						R			
0	1	2	3	4	S				
5	6	7	8	9					
Reg.-Nr. _____									

### **Belästigung/Ruhestörung durch Jugendliche / Heranwachsende im Bereich Stauferstraße / Fußgängersteg / Sörenbachstraße**

Sehr geehrte Damen und Herren,

seit mehreren Wochen, insbesondere seit Ferienbeginn, treffen sich spät nachmittags bei dem Fußgängersteg in der Stauferstraße täglich (außer bei schlechtem Wetter) Jugendliche und Heranwachsende.

Diese kommen teilweise zu Fuß, teilweise mit ihren Fahrzeugen (manchmal 5 Pkw), die auf dem Gehweg abgestellt werden.

Anschließend wird oftmals laute Musik aus den Fahrzeugen, mit der die gesamte Umgebung beschallt wird, gespielt. Mit längerem Aufenthalt nimmt die Alkoholisierung der überwiegend russlanddeutschen Spätaussiedler und somit auch der Lärmpegel deutlich zu.

Zwischendurch werden die Fahrzeuge immer wieder mit aufheulenden Motoren und Reifenquietschen kurzfristig bewegt.

Die manchmal aus 20 Personen bestehende Personengruppe lärmt (lautes Herumschreien, Grölen, Zünden von Feuerwerkskörpern usw.) manchmal bis spät in die Nacht hinein. Absoluter Höhepunkt war 03.25 Uhr !!!

Diverse Hausbewohner unserer Wohnanlage haben versucht, mit den Jugendlichen in vernünftigem und freundlichem Ton zu sprechen um u. a. eine gütliche Verlagerung des Treffens zu fortgeschrittener Stunde zu erreichen, bzw. die Autofahrer um eine anständige Fahrweise zu bitten. Dies wurde, teilweise sehr aggressiv, mit hämischen Kommentaren, verbalen Entgleisungen bis hin zur Androhung von Schlägen bedacht/beantwortet.

Zwischenzeitlich hat sich hinter der betonierte Brückeneinfassung, die als Sitzfläche dient, ein Müllhaufen, überwiegend bestehend aus Bierflaschen und Kartonagen, angesammelt.



Die leeren Bierflaschen werden zudem als Wurfgeschosse in Richtung Sörenbachstraße, wie mehrere Hausbewohner beobachteten, benützt.

Im Auftrag unserer Wohnungseigentümergeinschaft (ca. 100 Personen) möchte ich Sie deshalb darum bitten, diesen vorgenannten Bereich mit in Ihre Streifentätigkeit, sofern es Zeit und anderweitige Einsätze erlauben, einzubeziehen und möglichst diesen sicherheits- und ordnungswidrigen Zustand mit geeigneten Maßnahmen zu beseitigen.

Mit Sicherheit sind auch die übrigen Anwohner über den momentanen Zustand nicht begeistert.

Um das Befahren des Gehwegs mit Pkw zu verhindern, wäre es vielleicht sinnvoller (vor kurzer Zeit wurden dort überflüssigerweise Haltverbotszeichen aufgestellt, obwohl dort das Parken auf der Fahrbahn ohnehin schon durch den abgesenkten Bordstein verboten und das Befahren sowie das Halten/Parken auf dem Gehweg ebenfalls nicht statthaft ist – und trotzdem wird es nicht beachtet -) die gegenüber auf dem Grünflächenbereich abgelegten großen Steinbrocken nach dorthin zu verlegen.

Die Jugendlichen könnten evtl. auf den naheliegenden, neu geschaffenen Spielplatz in Richtung Korb – dort gibt es kein Wohngebiet – als neuen Treffpunkt aufmerksam gemacht werden ?

Dies soll keinesfalls eine Anzeige, sondern lediglich eine Bitte der Anlieger darstellen, im Rahmen Ihrer Möglichkeiten den sicherheits- und ordnungswidrigen Zustand zu beseitigen.

Aufgrund der bislang mit diesen Jugendlichen gemachten Erfahrungen bitte ich von Namensnennungen unsererseits Abstand zu nehmen, da ansonsten Repressalien zu befürchten sein dürften.

Das gleiche Schreiben wurde an das Polizeirevier Waiblingen gesandt.

Für evtl. Rückfragen stehe ich gerne zur Verfügung (Tel.: 07151

Mit freundlichen Grüßen,



# **Abschlussbericht**

## **Jugendarbeits-Leasing in Korb**

01. Juni 2006 – 31. Dezember 2006

Ortsjugendplan

**Kreisjugendamt Rems-Murr  
Jugendarbeits-Leasing  
Margit Meißner**

**Januar 2007**

# **Inhalt**

## **1 Ausgangslage**

## **2 Jugendarbeitsleasing**

## **3 Projektmethoden**

- 3.1 Bestandsabfragen und Vernetzung
- 3.2 Experteninterviews
- 3.3 Bedarfsanalyse
  - 3.3.1 Schulbefragung
  - 3.3.2 Interviews
  - 3.3.3 Jugendforum
- 3.4 Aufsuchende Jugendarbeit
  - 3.4.1 Treffpunkte in Korb und Kleinheppach
  - 3.4.2 Spontanbefragungen

## **4 Fachliche Einschätzung und Empfehlungen**

- 4.1 Darstellung der Sozialstrukturdaten
- 4.2 Jugendarbeit in Vereinen und Jugendverbänden
  - 4.2.1 Kurze Einführung / Definition / wesentliche Merkmale
  - 4.2.2 Daten und Fakten
  - 4.2.3 Maßnahmen / Empfehlungen
- 4.3 Partizipation
  - 4.3.1 Kurze Einführung / Definition / wesentliche Merkmale
  - 4.3.2 Daten und Fakten
  - 4.3.3 Maßnahmen / Empfehlungen
- 4.4 Treffpunkte für Jugendliche und Freizeitmöglichkeiten
  - 4.4.1 Kurze Einführung / Definition / wesentliche Merkmale
  - 4.4.2 Daten und Fakten
  - 4.4.3 Maßnahmen / Empfehlungen
- 4.5 Offene Jugendarbeit
  - 4.5.1 Kurze Einführung / Definition / wesentliche Merkmale
  - 4.5.2 Daten und Fakten
  - 4.5.3 Maßnahmen / Empfehlungen
- 4.6 Schulsozialarbeit
  - 4.6.1 Kurze Einführung / Definition / wesentliche Merkmale
  - 4.6.2 Daten und Fakten
  - 4.6.3 Maßnahmen / Empfehlungen

## **5 Zusammenfassung**

## **6 Anhang**

- 6.1 Übersicht der Anbieter von Jugendangeboten
- 6.2 Protokoll des Treffens mit den Jugendsprechern am 21. September 2006
- 6.3 Schulfragebogen
- 6.4 Interviews
- 6.5 Ergebnisse des Jugendforums
- 6.6 Konzeption Jugendarbeits-Leasing

## **1 Ausgangslage**

Im November 2005 stellte Volker Reif, Kreisjugendreferent und Dagmar Braun in ihrer Eigenschaft als Moderatorin beim Leitbildprozess Korb, Arbeitskreis „Gemeinsam leben in Korb, Generationenaustausch / Wir-Gefühl“ der Verwaltung der Gemeinde Korb das Jugendarbeitsleasing des Rems-Murr-Kreises und dessen Einsatzmöglichkeiten vor.

Ausgangspunkt dafür waren zahlreiche Diskussionen im Initiativkreis und in den Arbeitskreisen und Untergruppen, die den Bereich Jugend und Familie und entsprechende Angebote abdecken.

Das Thema wurde dann in der Sitzung des Fachbeirates Jugendtreff am 15.12.2005 diskutiert. Es wurde einstimmig beschlossen, dass das Kreisjugendamt ein Leasingangebot vorlegen soll, um die Jugendarbeit in Korb weiter zu entwickeln. Zudem wurde beschlossen, dass eine weitere Diskussion zu diesem Thema im Gemeinderat erfolgen soll.

## **2 Jugendarbeitsleasing**

Der Gemeinderat Korb beschloss Anfang Februar 2006, das Projekt „Zukunftsfähige Jugendarbeit in Korb unter Einbeziehung aller Vereine, Kirchen und Organisationen“ über das Jugendarbeitsleasing des Rems-Murr-Kreises durchzuführen.

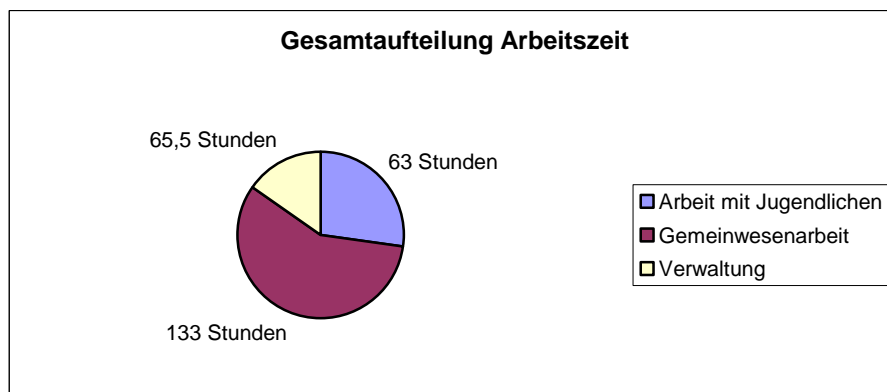
Zielsetzung des Projektes war, unter Einbeziehung aller Vereine, Kirchen und Organisationen eine modellhafte Konzeption zu erstellen, die eine zukunftsfähige Jugendarbeit in Korb weiter aufbaut und eine bedarfsgerechte Kontinuität gewährleistet. Dabei sollen gut funktionierende Aktivitäten aufgezeigt und vernetzt sowie evtl. Problembereiche benannt werden, mit der Zielsetzung, die vorhandenen Ressourcen aus dem Gemeinwesen zu aktivieren und geeignete Lösungsmöglichkeiten für die Zukunft zu erschließen.

Zwischen dem Kreisjugendamt Rems-Murr und der Gemeinde Korb wurde deshalb folgende Kooperationsvereinbarung getroffen:

1. Herstellung von Transparenz der unterschiedlichen Angebote der Jugendarbeit in Korb (Offene, Verbandliche, Kirchliche, Schule, Seniorenwerkstatt, etc.) sowie der entspr. Informations- und Kommunikationsstrukturen mit dem Ziel einer verstärkten und engeren Vernetzung der einzelnen Ressourcen vor Ort.
2. Grundsätzliche Bedarfserhebung zu den Angeboten, Möglichkeiten und Wünschen für und von Jugendlichen in Korb durch geeignete Partizipationsmethoden.
3. In Zusammenhang mit Punkt 2. aufsuchende Jugendarbeit zur Kontaktaufnahme mit Jugendlichen und Jugendcliquen, die nicht, noch nicht, oder z.Zt. nicht mehr von der örtlichen Jugendarbeit erreicht werden, sich dadurch vermehrt an öffentlichen Plätzen (Seeplatz, etc.) aufhalten und dort auffällig werden mit den Zielen:
  - ⇒ der Bedarfsermittlung,
  - ⇒ der Klärung von Anbindungsmöglichkeiten an die örtliche Jugendarbeit,
  - ⇒ und der Vermittlung bei Konflikten.
4. Ausgehend von Punkt 1.- 3. Erstellung eines Gesamtkonzeptes für die Jugendarbeit in Korb (vergleichbar eines Ortsjugendplans).

Der Leasingeinsatz begann am 01.06.2006 und wurde bis 31.12.2006 begrenzt. Von Juni bis Ende August standen für den Einsatz des Jugendarbeitsleasing 5 Stunden pro Woche zur Verfügung. Ab September bis Ende Dezember waren es 10 Stunden pro Woche.

Im Folgenden ist ersichtlich, wie sich die Arbeitszeiten von Juni bis Dezember 2006 zusammen gesetzt haben:



In dieser Aufstellung sind nur die Einsatzstunden einbezogen, für die die Gemeinde einen Kostenersatz an den Landkreis, als Träger des Jugendarbeits-Leasing, leisten muss. Anstellung, Einarbeitung, Fachberatung, Urlaubs-, Krankheits- und Fahrtkosten, sowie Fortbildungszeiten wurden vom Landratsamt Rems-Murr übernommen. Diese „Overhead-Zeit“ beträgt anteilmäßig für diesen Einsatz ca. 180 Arbeitsstunden.

### **3 Projektmethoden**

#### **3.1 Bestandsabfragen und Vernetzung**

Zu Beginn des Projekts wurde ein Fragebogen erarbeitet, der bei Vereinen und Initiativen in Korb den Bestand an Angeboten der Jugendarbeit abfragen sollte. Die Bestandserhebung diente dazu herauszufinden, welche Angebote der Jugendarbeit in Korb bereits bestehen. Anfang Juni wurde das Projekt im Vereinsprotokoll vorgestellt mit dem Aufruf an alle Vereine und kirchlichen Organisationen, der Projektleiterin des Jugendarbeits-Leasings ihre Jugendangebote bis Ende August mitzuteilen. Aufgrund eines spärlichen Rücklaufs wurden die einzelnen Anbieter im September nochmals darauf hingewiesen, ihre Angebote mitzuteilen, soweit dies noch nicht geschehen ist. Daraufhin kamen zwei Rückmeldungen.

Im Oktober wurde in der Beiratssitzung des Jugendtreffs deutlich gemacht, dass nur sehr wenig Rücklauf bezüglich der Angebote zu verzeichnen ist. Es wurde vereinbart, die Vereine in der anstehenden Vereinsvorstandssitzung von Seiten der Verwaltung nochmals darauf hinzuweisen. Auch daraufhin erfolgten nur zwei Rückmeldungen. Alle verbliebenen Anbieter wurden Mitte November nochmals aufgefordert, ihre Angebote bis spätestens Ende November transparent zu machen. Daraufhin erfolgten noch zwei Rückmeldungen. Bis Anfang Dezember haben insgesamt sieben Vereine und drei kirchliche Organisationen ihre Angebote rückgemeldet. Zudem der Treff Kreativ mit seinen zahlreichen Gruppenangeboten an der Keplerschule. Im Anhang ist eine Übersicht der verschiedenen Anbieter und deren Angebote dargestellt. Vervollständigt wurde die Liste durch das bereits bestehende Papier der Gemeindeverwaltung.

Ab September 2006 wurde ein Treffen für alle Anbieter von Jugendarbeit in Korb organisiert. Hierzu wurde im Vorfeld mit allen Anbietern Kontakt aufgenommen. Alle Vereine, kirchliche Organisationen, die Keplerschule, der Jugendtreff, die Leitbildgruppe von Frau Braun, der Treff Kreativ und Frau Ruf als Azubipatin sowie der Aktiv Garden in Korb wurden durch das Jugendarbeits-Leasing persönlich, telefonisch und/oder per e-mail kontaktiert. Dabei wurde das Projekt ausführlich erläutert und zu einem gemeinsamen Treffen eingeladen. Zusätzlich erfolgte eine schriftliche Einladung zum Treffen an alle Beteiligten über die Verwaltung.

**Das Treffen der Jugendsprecher** fand am 21.09.06 in der Alten Kelter statt. Ziel des Abends war, zu erarbeiten, in welchem Rahmen man alle Anbieter in Kooperationszusammenhänge bringen kann und wie man Korb für Jugendliche, aus Sicht der Erwachsenen, noch attraktiver machen kann. Jeder Teilnehmer konnte sich zu allen Fragestellungen äußern. Von Seiten der Vereine waren nur wenige Vertreter da, allerdings waren alle Anwesenden sehr motiviert, was dem Abend eine sehr gute Dynamik und Effektivität verlieh.

In drei Arbeitsgruppen wurde sehr engagiert zu folgenden Fragestellungen diskutiert und Stellung bezogen:

1. **Wie könnte man Korb für Jugendliche, Ihrer Meinung nach, noch attraktiver machen?**
2. **Wie kann der Informationsaustausch zwischen den einzelnen Anbietern optimiert werden?**
3. **Ideen zur Zusammenarbeit für gemeinsame Angebote/Projekte für Jugendliche**

#### **Die wichtigsten Ergebnisse des Treffens lassen sich wie folgt zusammenfassen**

- ⇒ Korb braucht ein regelmäßiges Forum, in dem sich alle Anbieter treffen und austauschen können.
- ⇒ Die einzelnen Angebote für Jugendliche sollten seitens der Gemeindeverwaltung koordiniert werden.
- ⇒ Für die Jugendlichen in Korb sollten entsprechende partizipative Möglichkeiten geschaffen werden, sich stärker an den sie betreffenden Prozessen in der Gemeinde beteiligen zu können.
- ⇒ Der Bereich der Übergang von der Schule in den Beruf müsste seitens der Gemeinde stärker unterstützt und mit geeigneten Maßnahmen begleitet werden.
- ⇒ Korb benötigt einen besseren Jugendtreff und mehr Freizeitangebote für Jugendliche.

Die Ergebnisse dieses Treffens sowie der Zwischenbericht des Projektes wurde dem Fachbeirat des Jugendtreffs am 12. Oktober vorgestellt.

### **3.2 Experteninterviews**

Die Experteninterviews wurden mit dem Ziel durchgeführt, aus der Sicht von engagierten Bürgern tiefere Informationen über die Jugendarbeit in Korb, ihre Entwicklungen und zukünftigen Aufgaben zu erhalten. Insgesamt wurden vierzehn Experteninterviews geführt, protokolliert und ausgewertet.

Es fanden folgende Treffen statt:

- |                                                           |                                                   |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| ⇒ Sebastian Schneider, dem Jugendvorstand des SC Korb     | ⇒ der Azubipatin Frau Ruf                         |
| ⇒ Regina Eckert, Vereinsvorsitzende aller Vereine in Korb | ⇒ Herrn Liebhardt, Ortsvorsteher von Kleinheppach |
| ⇒ Dagmar Braun als Koordinatorin der Leitbildgruppe       | ⇒ Herrn Jäger                                     |
|                                                           | ⇒ Frau Müller, Ordnungsamt                        |
|                                                           | ⇒ Frau Konieczny, ev. Kirchengemeinde             |

- |                                                                                         |                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ⇒ Frau Poweleit, Leiterin des Jugendtreffs                                              | ⇒ Frau Friedrich, neuapostolischen Kirchengemeinde                                                             |
| ⇒ Herrn Renschler und Herrn Mayer-Lang, Vorsitzenden des Fördervereins des Jugendtreffs | ⇒ Pfarramt der katholischen Kirchengemeinde                                                                    |
| ⇒ Herrn Kuntz, Rektor der Keplerschule                                                  | ⇒ mit dem Treff Kreativ und der Besuch einer Jugendgruppe des Treffs Kreativ in der Keplerschule (Holz/Metall) |

Nach Einschätzung der befragten Experten hat Korb ein sehr gutes verbandliches und kirchliches Angebot an Jugendarbeit. Durch diese bestehenden Angebote werden viele Jugendliche erreicht, der SC-Korb verzeichnet sogar eine ansteigende Mitgliederzahl unter den Jugendlichen. Zwischen den Vereinen bestehen allerdings nur wenige Verbindungen und Kooperationen.

Die verschiedenen Kirchengemeinden arbeiten ebenfalls sehr separiert. Lediglich eine Kirchengemeinde zeigte Interesse, wobei der Sinn oder die Zweckmäßigkeit einer engeren Vernetzung der einzelnen Anbieter für sie noch nicht erkennbar ist. Innerkirchlich wollen sie das Thema ansprechen und diskutieren, wobei die Idee besteht, enger mit einer anderen Kirchengemeinde zusammenzuarbeiten. Die katholische Kirchengemeinde äußerte sich ebenfalls sehr aufgeschlossen dem Projekt gegenüber. Sie ist der Meinung, dass alle Anbieter an einem Strang ziehen sollten, zum Wohle der Jugend. Die Kirchengemeinden bieten zum Teil offene Treffs für Jugendliche an, wobei sich jedoch nur ein kleiner Kreis von Jugendlichen angesprochen fühlt.

Herr Kuntz von der Keplerschule stellt einen steigenden Bedarf an Azubipatenschaften fest sowie die Notwendigkeit frühzeitiger Unterstützung für den Übergang Schule/Beruf. Derzeit bestehen zehn Azubipatenschaften durch ehrenamtliches Engagement von Frau Ruf. Sie konnte als Azubipatin einige Jugendliche in eine Ausbildung oder in ein Praktika vermitteln, was von allen Beteiligten als sehr positiv bewertet wird. Sie fordert mehr Unterstützung durch die Gemeinde, um das ehrenamtliche Engagement in diesem Bereich auszubauen.

Mit dem Treff Kreativ besteht ein ehrenamtliches Angebot, in Kooperation mit der Keplerschule. Es werden in den Räumen der Keplerschule von engagierten Bürgern Korbs mehrere Gruppen für Jugendliche angeboten. Derzeit gibt es eine Metall-, zwei Holz-, zwei Koch- und eine Handarbeitsgruppe.

Konflikte mit Jugendlichen gibt es sowohl in Kleinheppach als auch an einigen Plätzen in Korb, wo Jugendliche auffallen. Für diese Jugendlichen gibt es offenbar keine öffentlichen Plätze, wo sie sich wirklich aufhalten können.

Das Angebot an offener Jugendarbeit mit dem bestehenden Jugendtreff ist nach Ansicht der Befragten viel zu gering und mit dem jetzigen Jugendtreff nicht ausreichend. Das Angebot an Jugendarbeit von Seiten der Gemeinde wird als bei weitem nicht ausreichend bezeichnet. Was den Jugendlichen fehlt ist vor allem ein adäquater Jugendtreffpunkt, sowohl in Korb als auch in Kleinheppach.

### **3.3 Bedarfsanalyse und Partizipationsmethoden**

#### **3.3.1 Schulbefragung**

In der Schulbefragung wurden Jugendliche im Alter von 12 – 18 Jahren aus allen Schultypen mit einem Fragebogen befragt. Dieser Fragebogen enthielt 14 Fragen zu Freizeitsituation- und möglichkeiten, zu Vereinen, zum Jugendtreff und zur Gemeinde Korb. Diese quantitative Befragung machte es möglich, einen Einblick über die Freizeitgewohnheiten und Aktivitäten einer großen Gruppe von Jugendlichen aus Korb zu erhalten.

Die Fragebogenaktion wurde an den Schulen durchgeführt, wo der überwiegende Teil der Jugendlichen zur Schule geht. Es wurden insgesamt 600 Fragebögen ausgegeben, davon kamen 339 ausgefüllt zurück. Um die Durchführung der Fragebogenaktion zu vereinfachen, wurden an der Salier-Realschule und am Salier-Gymnasium pro Klasse 20 Fragebögen über die Klassenlehrer ausgegeben, da es aus arbeitstechnischen Gründen den Schulsekretariaten nicht möglich war, die genaue Anzahl der Korber Schüler pro Klasse festzustellen. Es war also nicht bekannt, wie viele Korber Schüler in den einzelnen Klassen tatsächlich sind. Folgende Klassenstufen wurden befragt:

- ⇒ Keplerschule (Hauptschule)    Klassenstufen 7 – 9    (insg. 3 Klassen)
- ⇒ Salier - Realschule            Klassenstufen 8 – 10    (insg. 12 Klassen)
- ⇒ Salier - Gymnasium            Klassenstufen 8 – 12    (insg. 22 Klassen)

Der Fragebogen ist dem Anhang beigelegt.

Im Folgenden wird die Auswertung der Fragebogenaktion graphisch dargestellt:

Bei vielen Fragen waren Mehrfachnennungen möglich, deshalb ergeben dort die Summen der Prozentzahlen der Diagramme einen Wert über 100%.

Bei den Fragen mit sonstigen Antworten wurden vielfältige Antworten gegeben.

Damit die Fragen ausgewertet werden konnten, wurden diese Antworten inhaltlich gruppiert, außer bei der Frage 6 jedoch nicht ausgewertet, da es

jeweils zuwenig gleiche Antworten waren, um eine inhaltliche Aussagekraft zu haben.

**Verteilung Geschlecht (339 Befragte)**

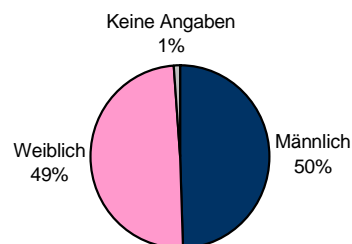


Schaubild 1

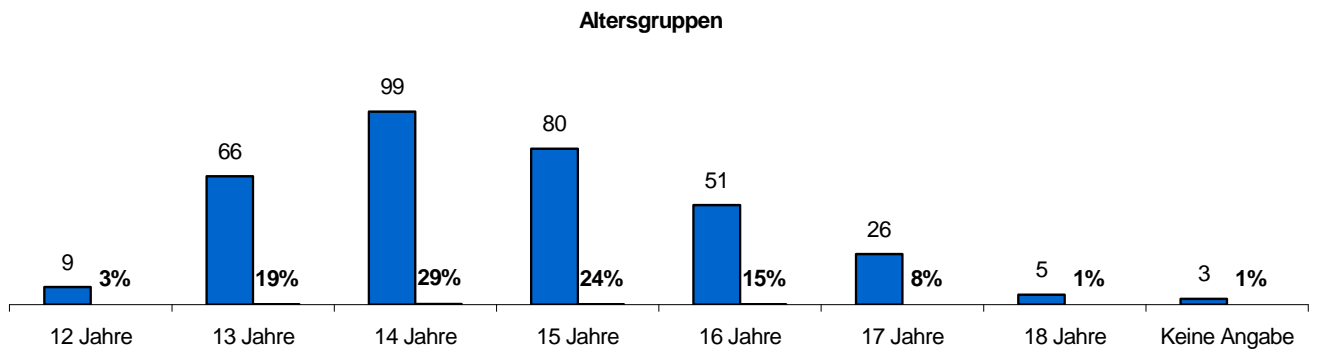


Schaubild 2

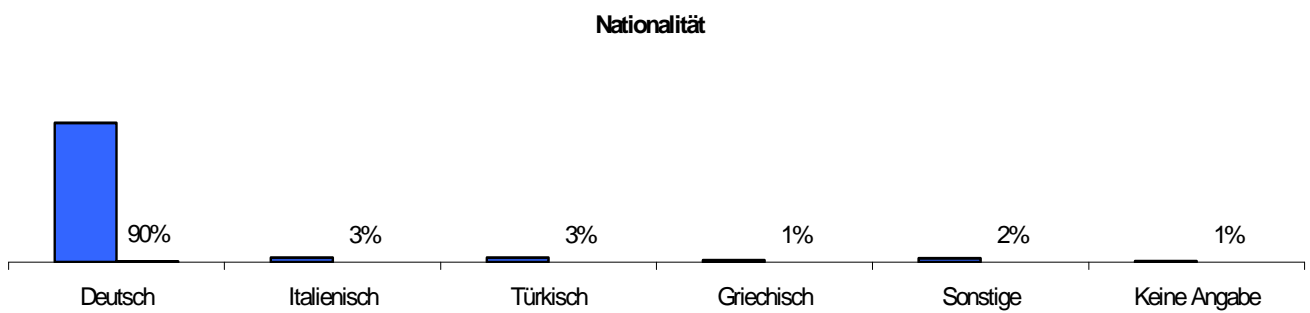


Schaubild 3

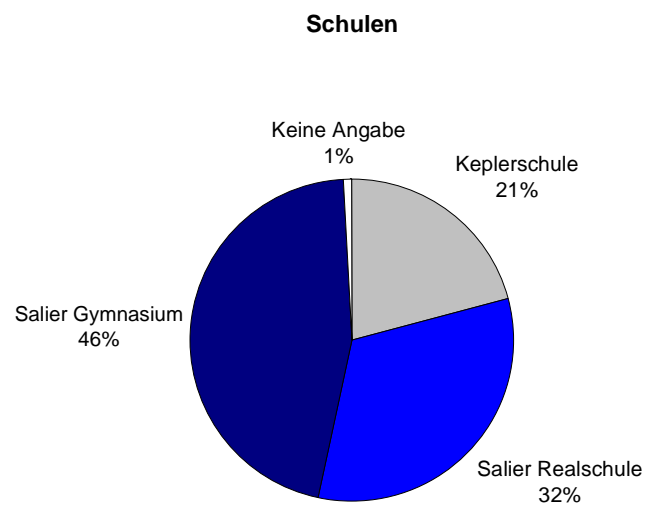


Schaubild 4



### 1. Wo verbringst Du Deine Freizeit?

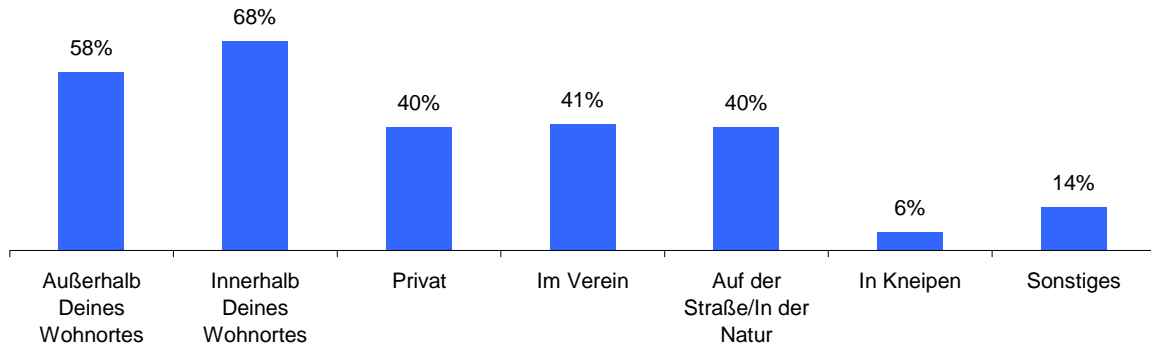


Schaubild 5

Es waren Mehrfachnennungen möglich.

Die Prozentzahlen von innerhalb und außerhalb ergeben zusammen einen Wert über 100%, das lässt darauf schließen, dass viele Jugendliche ihre Freizeit in und außerhalb von Korb verbringen.

Auffallend ist, dass nur 40 % der Jugendlichen angeben, ihre Freizeit privat zu verbringen und genauso viele geben an, ihre Freizeit auf der Straße/Natur zu verbringen.

Lediglich 41% geben an, in einem Verein ihre Freizeit zu verbringen, vgl. hierzu aber Frage 3.

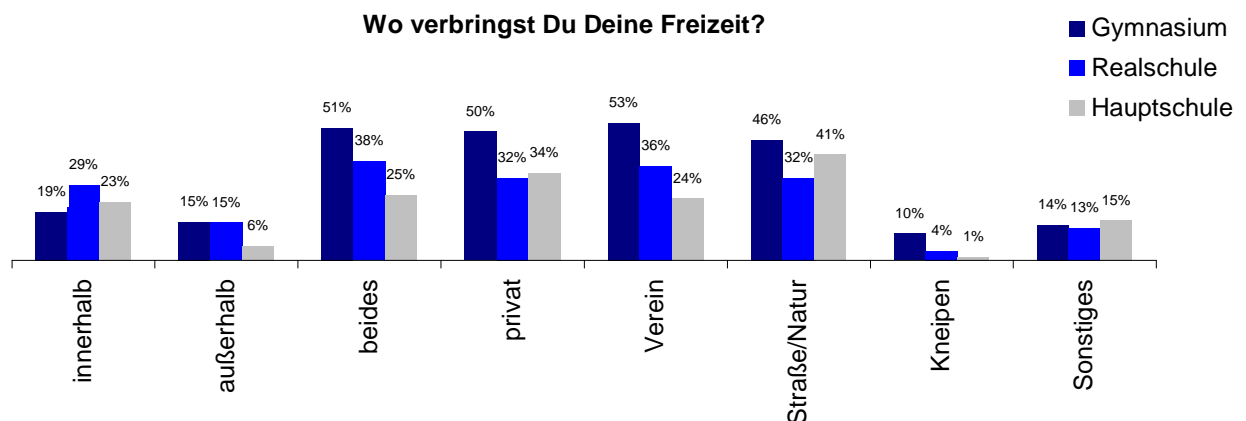


Schaubild 6

Die Antworten wurden nach Schultyp gefiltert.

Die Antwortmöglichkeiten „innerhalb“ und „außerhalb“ wurden gefiltert nach „nur innerhalb“, „nur außerhalb“ und „beides“.

Das Verhältnis zwischen den einzelnen Schulen wurde gewichtet, d h. dieses Diagramm kann im direkten Vergleich zwischen den Schularten gesehen werden.

## 2. Was machst Du in Deiner Freizeit?

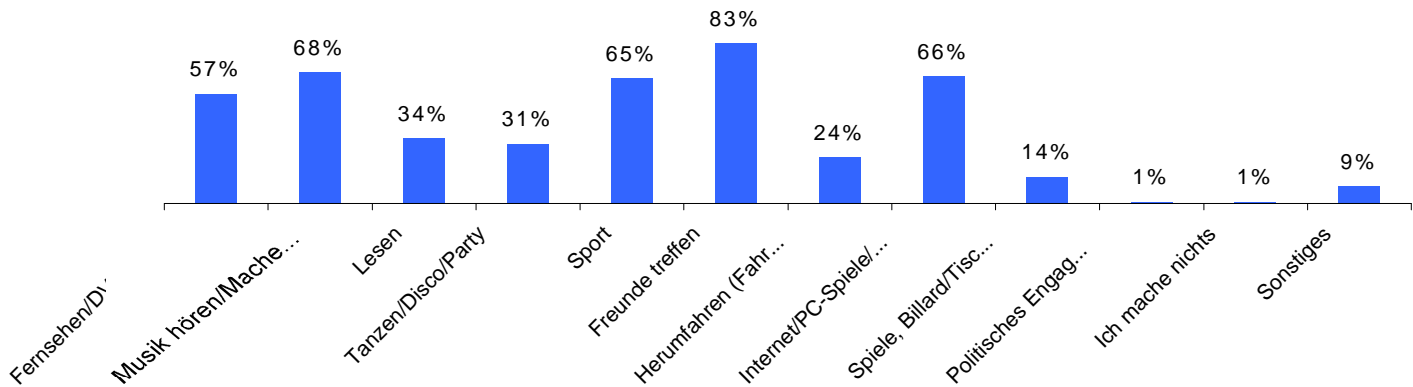


Schaubild 7

Es waren Mehrfachnennungen möglich.

Die genannten Freizeitaktivitäten entsprechen der auch in anderen Gemeinden üblichen Verteilung.

Betrachtet man die einzelnen Angaben, so fällt auf, dass die oft genannte Vereinzelung der Jugendlichen durch Fernsehen oder Computer hier nicht belegt wird.

Die Angabe „Freunde treffen“ ist immerhin die am häufigsten Genannte.

Sport vgl.auch mit Frage 3. 65% der Jugendlichen machen Sport und...

## 3. Bist Du in einem Verein/Jugendgruppe?

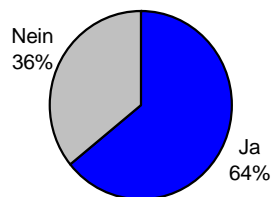


Schaubild 8

...64% der Jugendlichen geben an, in einem Verein zu sein. Das deutet darauf hin, dass beinahe alle sporttreibenden Jugendlichen in Korb auch in einem Verein sind.

#### 4. Was machst Du im Verein?

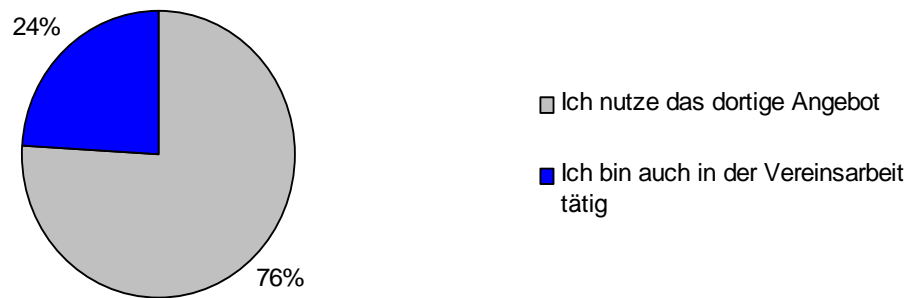


Schaubild 9

Beinahe ein Viertel der befragten Jugendlichen engagieren sich im Verein. Hier scheint ein hohes Engagementpotenzial zu sein.

#### 5. Warum bist Du nicht im Verein/Jugendgruppe?

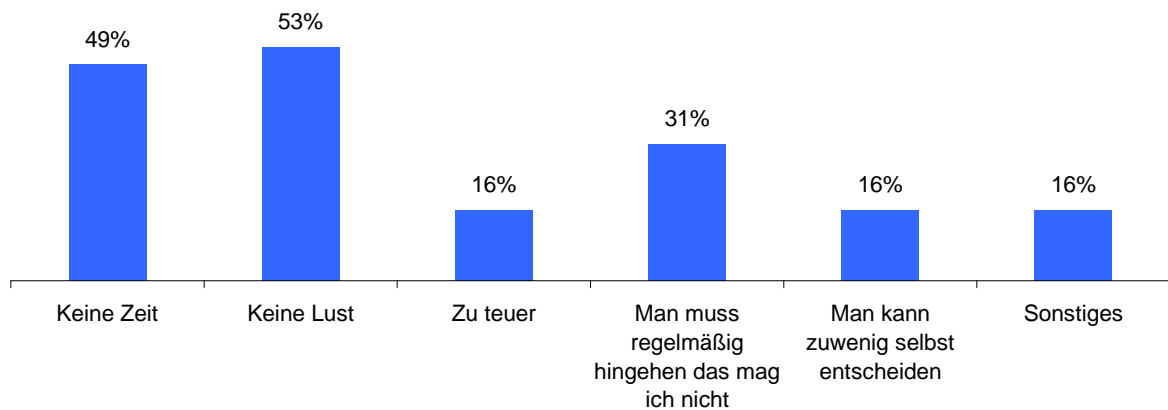


Schaubild 10

Es waren Mehrfachnennungen möglich.

Der Hauptgrund, weshalb 36% der Jugendlichen nicht in einem Verein/Jugendgruppe sind, ist keine Zeit/keine Lust. Das deutet darauf hin, dass nicht jeder Jugendliche von einem Vereinsangebot angesprochen wird.

Auch die Regelmäßigkeit und Verbindlichkeit, in der Trainings/Gruppen stattfinden, mögen viele nicht (31%).

## 6. Gehst Du in den Jugendtreff und wenn nein warum?

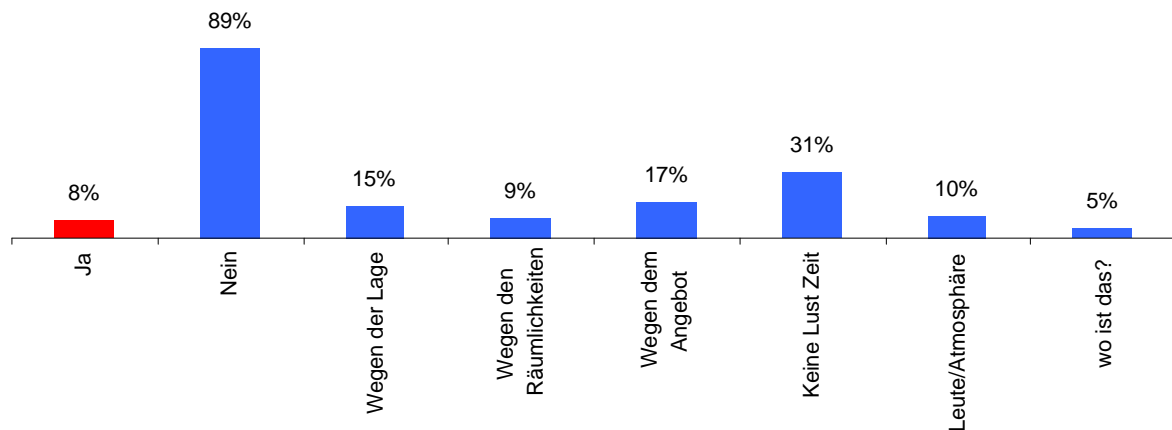


Schaubild 11

Es waren Mehrfachnennungen möglich.

Von den Befragten gehen auffallend wenige in den Jugendtreff, lediglich 8%.

Der Hauptgrund, bei beinahe einem Drittel der Befragten, ist keine Lust/keine Zeit.

Das deutet darauf hin, dass der Jugendtreff in seiner jetzigen Form für diese Jugendlichen keine Freizeitalternative darstellt. Das kann auch alle anderen Gründe, wie z.B. Angebote, Lage, und Räumlichkeiten mit beinhalten.

Immerhin 5% der Jugendlichen geben an, nicht zu wissen, wo der Jugendtreff ist. Das lässt auf nicht ausreichende Informationsflüsse schließen.

## Wer geht in den Jugendtreff?

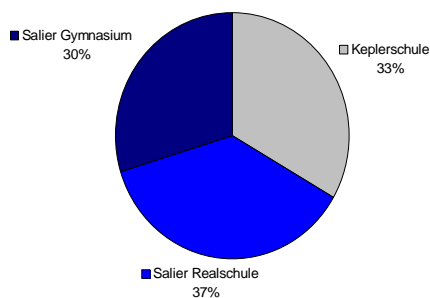


Schaubild 12

## Besucher des Jugendtreffs nach Alter

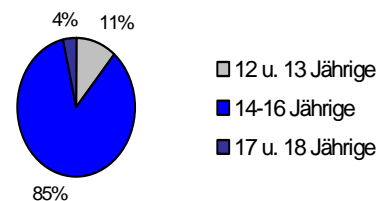


Schaubild 13

Die unterschiedliche Anzahl der Befragten der drei Schulen wurde gewichtet. Dadurch können die Zahlen direkt miteinander verglichen werden.

Es besteht ein beinahe ausgewogenes Verhältnis zwischen den Besuchern des Jugendtreffs, getrennt nach Schultyp.

### 7. Welche Wünsche hast Du an einen Jugendtreff?

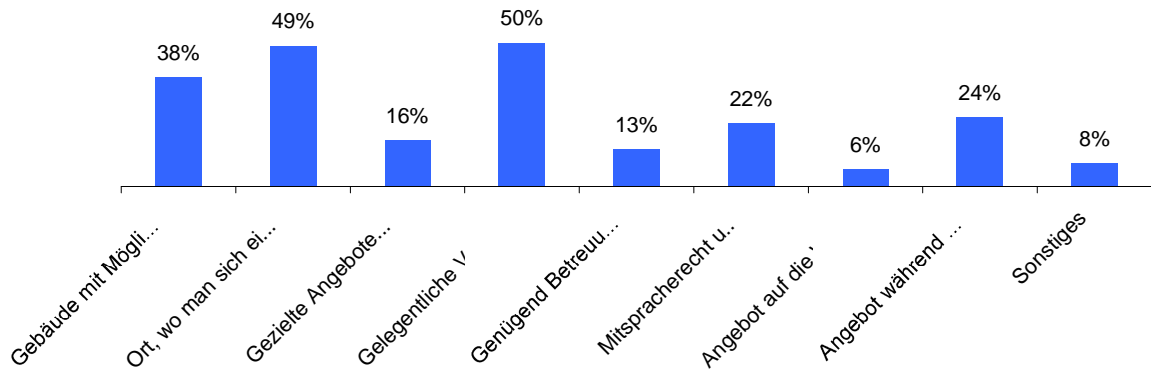


Schaubild 14

Es waren Mehrfachnennungen möglich.

Vgl. auch Frage 8, 11 und 12.

Am wichtigsten für die Befragten sind gelegentliche Veranstaltungen, also Angebote im Jugendtreff, gefolgt von dem Wunsch, sich dort einfach treffen und aufhalten zu können.

Sehr viele Jugendliche (22%) wünschen sich Mitspracherecht und Mitverantwortlichkeit im Jugendtreff. Das lässt auf ein großes Potenzial an Engagementbereitschaft schließen.

### 8. welchen Raum/Standort würdest Du für einen Jugendtreff vorschlagen?

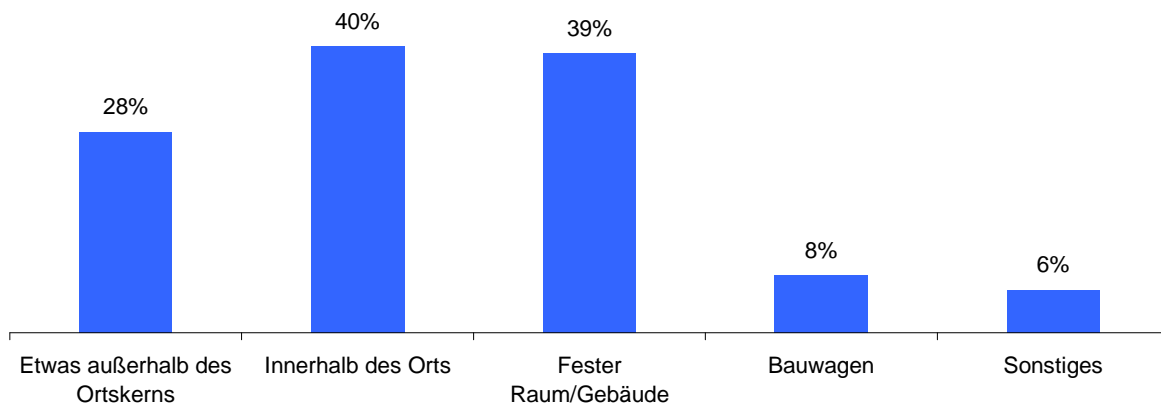


Schaubild 15

Es waren Mehrfachnennungen möglich.

Beinahe identisch sind die Angaben in Frage 7 und 8: Gebäude mit genügend Möglichkeiten (38%) und ein fester Raum/Gebäude (39%).

40% der Jugendlichen wünschen sich einen Jugendtreff innerhalb des Orts, dagegen halten 28% der Jugendlichen einen Standort außerhalb des Orts von Vorteil.

Die Frage des Standorts wird im Jugendforum nochmals näher beleuchtet.

### Bevorzugter Standort des Jugendtreffs nach Geschlecht

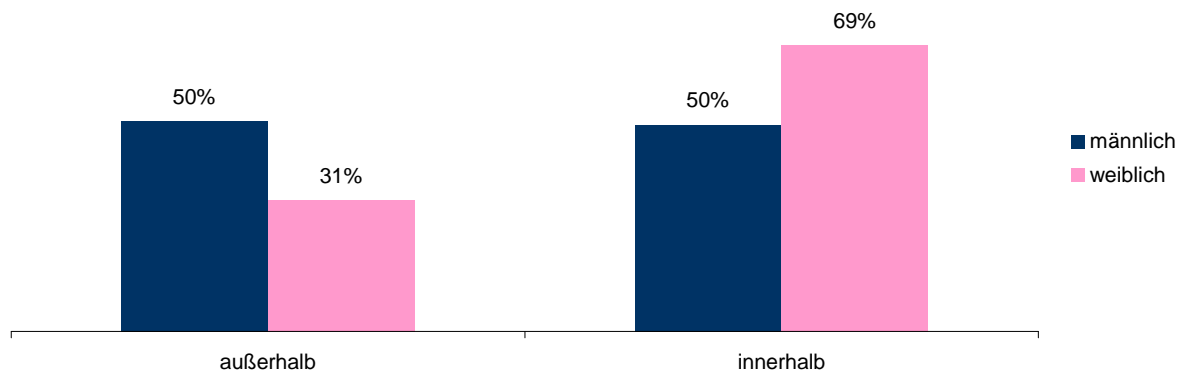


Schaubild 16

Bei den männlichen Befragten ist die Meinung geteilt, was den Standort des Jugendtreffs angeht.

Die Mädchen bevorzugen einen Jugendtreff innerhalb des Ortskerns.

### Bevorzugter Standort des Jugendtreffs nach Alter

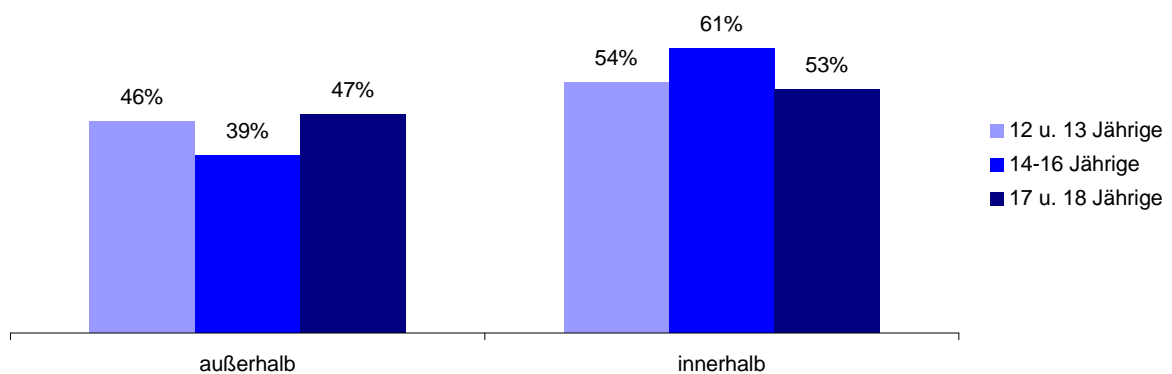


Schaubild 17

Die Anzahl der Befragten der verschiedenen Altersstufen wurde gewichtet. Dadurch können die Zahlen direkt miteinander verglichen werden.

In allen Altersstufen überwiegt der Wunsch nach einem Jugendtreff innerhalb des Orts.

Vor allem die Hauptzielgruppe der 14-16 Jährigen wünscht sich mit 61% einen Jugendtreff innerhalb des Orts.

### 9. Gibt es in der Gemeinde Korb ein ausreichendes Jugendangebot?

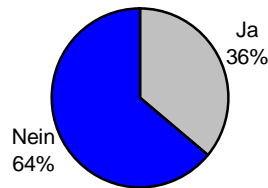


Schaubild 18

Beinahe zwei Drittel der befragten Jugendlichen vertreten die Meinung, dass es kein ausreichendes Jugendangebot in der Gemeinde Korb gibt.

Vgl. mit Frage 14, da ist es umgekehrt, die Jugendlichen finden Korb nicht generell negativ.

### 10. Was fehlt Deiner Meinung nach an Jugendangebot?

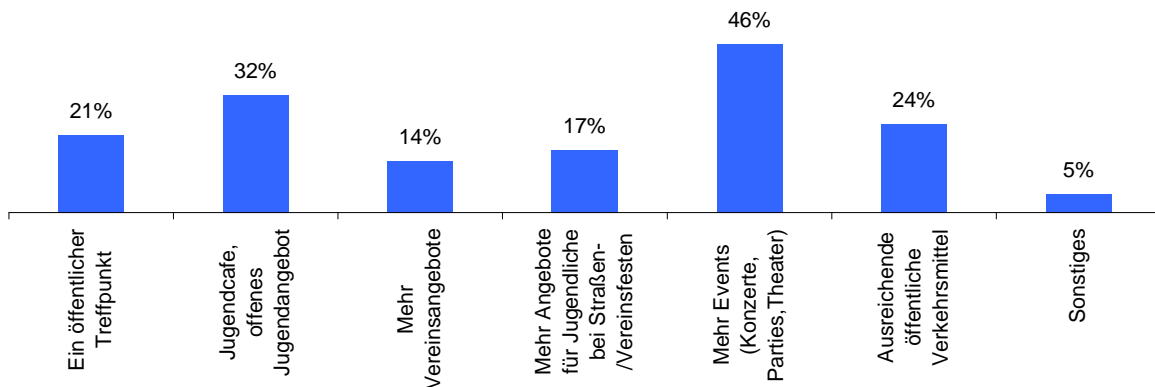


Schaubild 19

Es waren Mehrfachnennungen möglich.

Einen öffentlichen Treffpunkt und ein Jugendcafe/offenes Jugendangebot wünschen sich über die Hälfte der Befragten (53%), gefolgt von 46% der Jugendlichen, die sich mehr Events/Veranstaltungen wünschen, wobei diese in Räumen wie einem Jugendtreff stattfinden könnten.

Beinahe ein Viertel der Jugendlichen halten die öffentlichen Verkehrsmittel für nicht ausreichend. Dabei wurden die Verbindungen zwischen Korb und Kleinheppach sowie Korb und Waiblingen am meisten genannt.

Das Thema des öffentlichen Nahverkehrs wird beim Jugendforum näher beleuchtet.

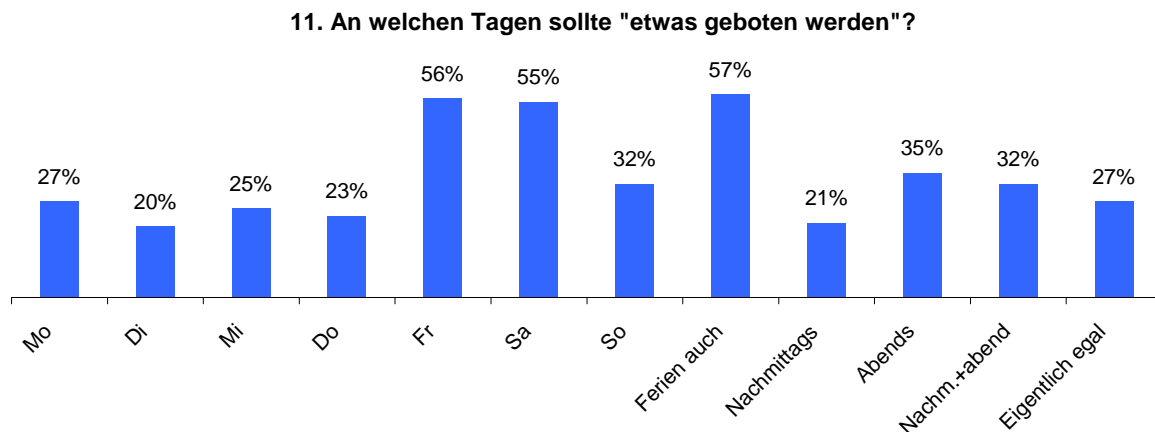


Schaubild 20

Es waren Mehrfachnennungen möglich.

Öffnungszeiten sind von über der Hälfte der Befragten am Wochenende und in den Ferien erwünscht. Es besteht zudem ein Bedarf am Nachmittag.

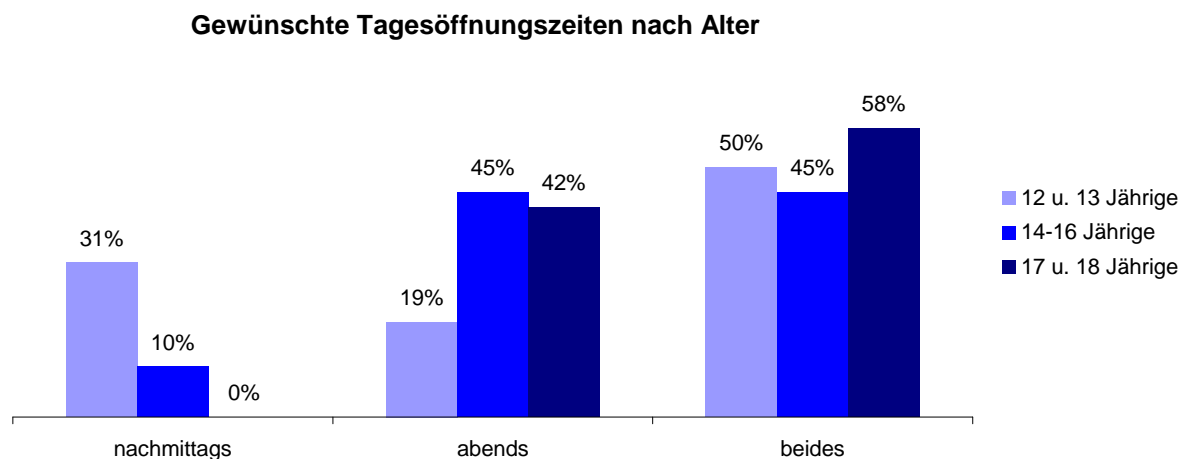


Schaubild 21

Die Altersgruppen wurden gewichtet, so dass die Zahlen direkt miteinander verglichen werden können. Daraus ergibt sich ein klarer Bedarf an Nachmittagsbetreuung bei den 12- und 13-Jährigen.



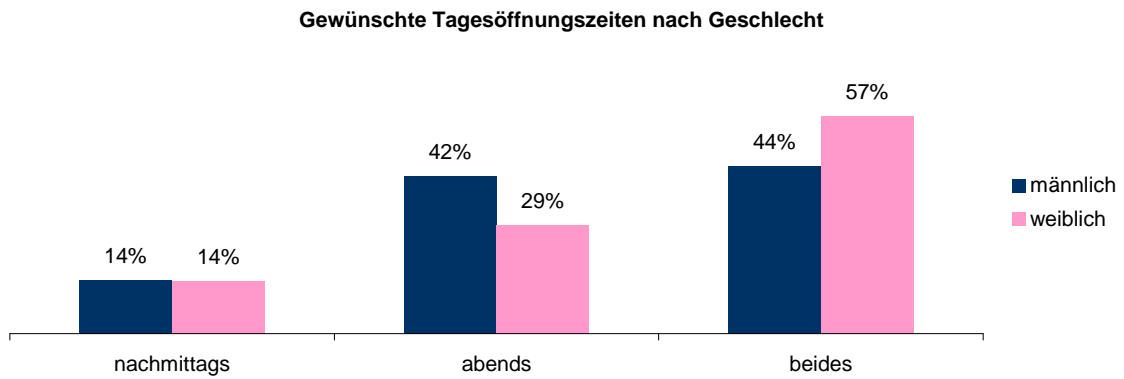


Schaubild 22

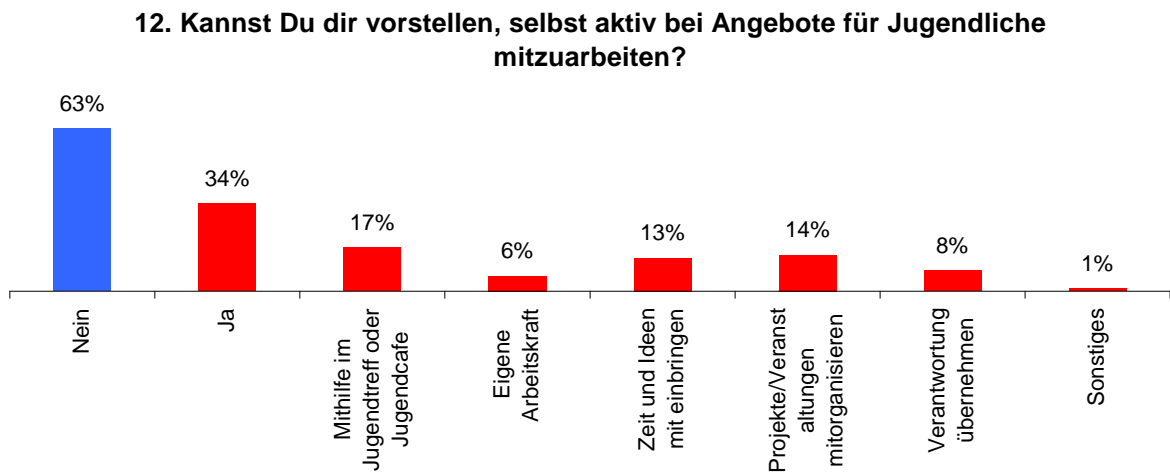


Schaubild 23

Es waren Mehrfachnennungen möglich. Über ein Drittel der Befragten kann sich vorstellen, selbst aktiv bei Jugendangeboten mitzuarbeiten. Hier scheint ein großes Potenzial brach zu liegen. Die Frage wird im Jugendforum näher beleuchtet.

### Bereitschaft zur aktiven Mithilfe

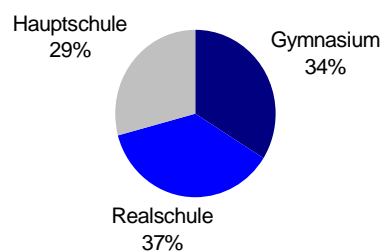


Schaubild 24

### 14. Du findest die Gemeinde Korb für Jugendliche...

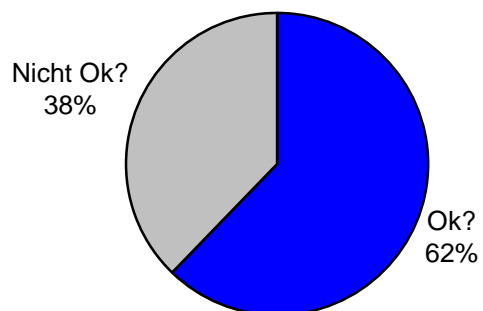


Schaubild 25

### **Wichtigste Ergebnisse der Fragebogenaktion:**

- ⇒ Viele Jugendliche verbringen ihre Freizeit außerhalb von Korb, bedingt auch durch die weiterführenden Schulen in Waiblingen.
- ⇒ Es fehlen Treffpunkte für Jugendliche in Korb und die Freizeitangebote sind nicht ausreichend.
- ⇒ Es werden Busverbindungen von Korb nach Waiblingen und von Korb nach Kleinheppach bemängelt.
- ⇒ Am wichtigsten ist es für Jugendliche, Freunde zu treffen. Nur 40% geben an, sich privat zu treffen, dagegen verbringen genauso viele ihre Freizeit auf der Straße oder in der Natur.
- ⇒ Das Vereinsangebot wird mit 64% der Befragten überdurchschnittlich angenommen, die Sportaktivitäten finden überwiegend im Verein statt.
- ⇒ Es besteht eine hohe Engagementbereitschaft in den Vereinen und kirchlichen Organisationen.
- ⇒ Der Jugendtreff stellt derzeit für nur wenige Jugendliche eine Freizeitalternative dar. Mit nur 8% der Befragten wird der Jugendtreff nur unzureichend genutzt. Es werden andere Öffnungszeiten, ein anderer Standort und mehr Veranstaltungen, Events und Angebote gewünscht.
- ⇒ Vor allem am Nachmittag besteht ein Angebotsbedarf. Außerdem sind Öffnungszeiten am Wochenende und während der Ferien erwünscht.
- ⇒ Es scheint ein großes Potential an Engagementbereitschaft unter den Jugendlichen vorhanden zu sein.

### **3.3.2 Interviews:**

Interviews haben den Sinn, aus der Sicht von organisierten und nicht organisierten Jugendlichen tiefere Informationen über die bestehende Jugendarbeit in Korb, ihre Entwicklungen und zukünftige Aufgaben zu erhalten. Insgesamt wurden vier Interviews geführt, protokolliert und ausgewertet. Sie sind dem Anhang beigelegt.

- am 05.09.06 mit drei Jugendlichen (1 Mädchen, 2 Jungen) aus Gymnasium, Realschule und Ausbildung
- am 11.09.06 mit elf Jugendlichen im Jugendtreff aus Keplerschule, Realschule und in Ausbildung
- am 13.09.06 mit zwei Jugendlichen (2 Mädchen) aus Realschule und Keplerschule
- Ende September mit drei Jugendlichen in Kleinheppach

### **Wichtigste Aussagen:**

- ⇒ In Korb ist unter der Woche für Jugendliche nicht viel geboten. Außer den Trainings im Verein kann man nichts machen. Am Wochenende ist gar nichts los.
- ⇒ Mit Beginn der weiterführenden Schule gehen über zwei Drittel der Jugendlichen von Korb nach Waiblingen ins Salier-Schulzentrum zur Schule. Ab da halten sich die meisten Realschüler und Gymnasiasten in ihrer Freizeit überwiegend außerhalb Korbs auf, bei Freunden oder zuhause.
- ⇒ Die meisten sind in einem Verein aktiv und haben 2–3 mal pro Woche Training.

- ⇒ Kirchliche Angebote gibt es schon, sie sprechen aber nur einen kleinen Teil der Jugendlichen an.
- ⇒ Jugendliche von der Keplerschule halten sich in ihrer Freizeit überwiegend in Korb auf, vor allem an öffentlichen Plätzen wie dem Seeplatz und gehen zum Teil in den Jugendtreff, sie haben ihre Freunde in Korb.
- ⇒ Alle kennen den jetzigen Jugendtreff und waren auch schon mal da. Sie wünschen sich einen Treffpunkt, wo sie hingehen können und erwünscht sind.
- ⇒ Der jetzige Jugendtreff ist zu klein, er braucht andere Öffnungszeiten und hat keine gute Lage. Sie wünschen sich Betreuung und auch Regeln. Sie wünschen sich ein großes Haus, wo viele Jugendliche hingehen können und wo viele Angebote oder auch Veranstaltungen stattfinden können.
- ⇒ Die Jugendlichen wünschen sich eine Jugendzeitung von und für Jugendliche, damit die Jugendlichen mitbekommen, was in Korb für Jugendliche geboten wird.
- ⇒ Es fehlen Busverbindungen, vor allem nach Kleinheppach nach 20.00 Uhr.
- ⇒ Es gibt sonst keine Freizeitangebote in Korb, es fehlen z.B. eine Inliner- und Skateranlage. Außerdem gibt es keine Bistros oder Café's. Ein Jugendcafé wäre gut, in dem die Preise nicht so hoch sind.
- ⇒ Außer im Verein gibt es für sie nichts Attraktives, wo sie ihre Freizeit verbringen können.
- ⇒ Kleinheppach hat gar nichts, die Jugendlichen wünschen sich einen Treffpunkt, da sie sonst nur auf der Straße oder an öffentlichen Plätzen rumhängen.
- ⇒ Es kommen viele Aussagen wie „als Jugendlicher ist man in Korb nicht erwünscht“ und „es passiert ja eh nix“ oder „die tun nichts für uns“.

### 3.3.3 Jugendforum

Das **1. Korber Jugendforum** fand am 24. November 2006 in der Alten Kelter statt.

Durchgeführt wurde das Jugendforum von der Gemeinde Korb und dem Kreisjugendamt Rems-Murr in Kooperation mit dem Kreisjugendring Rems-Murr e.V.. Es sollte den Jugendlichen noch einmal die Möglichkeit geben, ihre Meinungen und Anregungen für ein besseres Korb zu artikulieren. Des Weiteren hatten wir durch das Jugendforum die Möglichkeit Fragen zu stellen, die durch die Auswertung der oben genannten Projektbausteine aufgekommen sind.

Im Vorfeld wurden alle Vereine, kirchliche Organisationen, Schulen und der Jugendtreff angeschrieben mit der Einladung und der Bitte, die Informationen an die Jugendleiter weiterzugeben, um Jugendliche während des Trainings und/oder der Gruppenangebote darauf anzusprechen.

Weitere Maßnahmen, um die Jugendlichen darauf aufmerksam zu machen, war eine Plakataktion und eine Anzeige im Mitteilungsblatt. Ein Großteil an Interesse unter den Jugendlichen konnte durch das Leasingengagement bei der aufsuchenden Jugendarbeit geweckt werden. Zusätzlich konnten viele Jugendliche durch die Fragebogenaktion an den Schulen, den Interviews und den Spontanbefragungen persönlich angesprochen werden, wobei einige ihre Bereitschaft zum Mitmachen signalisiert haben.

Das 1. Vorbereitungstreffen fand am 09.10.06 in der Begegnungsstätte statt. Zwischen 10 und 15 Jugendliche nahmen an den Vorbereitungstreffen zum Jugendforum teil. Über einen Zeitraum von 6 Wochen organisierten und planten sie einmal wöchentlich mit Unterstützung von Margit Meißner (Kreisjugendamt) und Gerhard Dinger (Kreisjugendring) in der Begegnungsstätte. Sie diskutierten über für sie wichtige Themen und legten so die Inhalte fürs Jugendforum selbst fest. Ihre Wünsche bezüglich des Raumes für das Jugendforum

konnten nicht erfüllt werden, da die SC-Halle aufgrund des bestehenden Trainingsbetriebes nicht gebucht werden konnte. Mit der Alten Kelter konnte aber eine gute Alternative gefunden werden. Die Jugendlichen stellten der Gemeindeverwaltung zwei Auswahltermine zur Wahl, um die Gemeindeverwaltung entscheiden zu lassen, an welchem von den beiden Terminen das Jugendforum stattfinden kann. Die Wahl fiel auf den 30. November 2006. Die Jugendlichen entwarfen einen Flyer, um so möglichst viele Jugendliche ansprechen und auf die Veranstaltung aufmerksam machen zu können. Sie drehten einen Videofilm auf der Straße, wobei sie Jugendliche von Korb nach ihren Freizeitgewohnheiten, ihrer Meinung zu den bestehenden Angeboten für Jugendliche und nach ihren Wünschen gefragt haben. Auch Erwachsene konnten dazu ihre Meinung äußern. Dieser Film wurde zu Beginn des Jugendforums allen Anwesenden gezeigt.

Unter dem Motto „Jugendliche reden, Erwachsenen hören zu“ nahmen ca. 50 Jugendliche und 25 Erwachsene am Jugendforum teil. Durch die Impulsplakate am Eingang der Alten Kelter konnten 38 Jugendliche zu Beginn des Abends gezählt werden. Im Verlauf des Abends kamen dann noch einige mehr hinzu. Das Interesse von Seiten der Erwachsenen, überwiegend Gemeinderäte von Korb, war positiv.

Der Ablauf und die Moderation des Abends wurde von den Jugendlichen selbst gestaltet und bestimmt.

Es gab drei Arbeitsgruppen zu drei unterschiedlichen Themen, wobei die Jugendlichen die Fragen selbst erarbeitet, den anwesenden Jugendlichen gestellt und anschließend die Ergebnisse im Plenum vorgestellt haben. Jede Arbeitsgruppe wurde von zwei Jugendlichen moderiert. Es gab folgende Themenbereiche:

- 1. Arbeitsgruppe: Freizeitmöglichkeiten/Events/Parties/Disco**
- 2. Arbeitsgruppe: Bus- und Nahverkehr**
- 3. Arbeitsgruppe: Jugendtreff**

Während die Jugendlichen in ihren Arbeitsgruppen diskutierten, wurden die anwesenden Erwachsenen in separaten Gruppen nach ihrer Meinung zu bestimmten Jugendthemen befragt. Da es überraschend viele Erwachsene waren, wurden spontan zwei Gruppen gebildet. Die Ergebnisse der Erwachsenengruppen wurden an dem Abend nicht öffentlich vorgestellt, sie dienen dem Austausch und der Meinungsbildung unter den Erwachsenen, während die Jugendlichen in ihren Arbeitsgruppen arbeiten.

Die wichtigsten Ergebnisse der Arbeitsgruppen:

#### **1. Arbeitsgruppe: Freizeitmöglichkeiten/Events/Parties/Disco**

Außer den Sportplätzen und einem kleinen Internetcafé gibt es nichts in Korb, was man als Jugendlicher machen kann. Es gibt sonst keine guten Treffpunkte. Der Jugendtreff ist zu klein.

Andere Treffpunkte wie z.B. der Seeplatz sind schlecht, weil man da nicht erwünscht ist. Es fehlen Flutlichter auf den Fußballplätzen, Bars z.B. mit Newcomerbands, sonstige Events fehlen z.B. Parties, Disco, Shows, Tanzmöglichkeiten.

Der Jugendtreff könnte oder sollte diese Angebote veranstalten.

Für die Veranstaltungen sollte mehr Werbung gemacht werden (z.B. über Internet, Zeitung, Plakate). Die Angebote könnten in Sporthallen oder gemieteten Räumen stattfinden. Ein extra Gebäude wäre auch gut. Es gibt viele Jugendliche, die sich beim Organisieren engagieren würden.

## **2. Arbeitsgruppe: Bus- und Nahverkehr**

Es fehlen Busverbindungen nach 20.00 Uhr von Korb nach Kleinheppach. Auch Nachtbusse fehlen bis mindestens 3 oder 4 Uhr, vor allem am Wochenende.

Keiner weiß, wie das Ruftaxi funktioniert, die Jugendlichen brauchen mehr Informationen. Das Ruftaxi sollte aber nicht teurer als 5 Euro sein. Die Preise für den Bus sind in Ordnung.

Vor allem am Wochenende fehlen Busverbindungen, die Busse fahren insgesamt zu selten. Kleinheppach und Steinreinach sollte der Bus von Waiblingen auf jeden Fall anfahren.

Viele Jugendliche könnten sich vorstellen, nach dem Jugendforum weiterhin aktiv zu sein.

## **3. Arbeitsgruppe: Jugendtreff**

Von den anwesenden Jugendlichen kennen viele den Jugendtreff aber nur wenige gehen hin. Die Jugendlichen, die hingehen, nutzen ihn immer. Viele kommen nicht wegen den Leuten, dem Alter oder den Räumlichkeiten.

Außer der Betreuung ist nichts gut am jetzigen Treff. Sie brauchen den Jugendtreff, um mit Freunden zusammen sein zu können.

Sie wünschen sich mehr Veranstaltungen und Angebote. Die Räumlichkeiten sind zu klein, sie wünschen sich mehr Platz, mehr Räume und eine Theke.

Die Lage ist für die anwesenden Jugendlichen ist in soweit in Ordnung, da es dadurch keinen Ärger mit bzw. durch Anwohner aufgrund Lärm, etc- gibt. Innerhalb des Orts oder woanders ist aber auch gut, das haben die Jugendlichen im Nachtreffen des Jugendforums geäußert. Es sind längere und mehr Öffnungszeiten erwünscht.

Des weiteren besteht ein vermehrter Bedarf am Nachmittag, z.B. für Hausaufgabenbetreuung. Am Wochenende und in den Ferien sollte der Jugendtreff ebenfalls offen sein.

Es besteht ein Bedarf an Betreuung und Unterstützung durch Fachpersonal, nicht durch Eltern. Sie wollen keine alleinige Selbstverwaltung des Jugendtreffs, ab und zu können sie sich das allerdings vorstellen.

Sie möchten im Jugendtreff mitarbeiten, z.B. bei Veranstaltungen und haben den Wunsch nach Mitbestimmung bei der Organisation des Jugendtreffs. Viele Jugendliche gaben an, nach dem Jugendforum weiterhin aktiv mitarbeiten zu wollen.

## **Ergebnisse der Impulsplakate:**

Weiblich: 13      männlich: 25

Alter: 12 – 14 Jahre:	16
15 – 16 Jahre:	11
17 – 18 Jahre:	7
über 18 Jahre:	4

Bist Du mit den Angeboten für Jugendliche in Korb zufrieden?

Sehr zufrieden:	0
„geht so“:	1
nicht zufrieden:	37

### 3.4 Aufsuchende Jugendarbeit

Aufsuchende Jugendarbeit ist davon gekennzeichnet, dass es auch Zeiten und Orte gibt, an denen keine Jugendlichen angetroffen werden. Hier machten sich zum Beispiel die Sommerferien bemerkbar, in denen doch viele Jugendliche weg waren oder während der Ferien arbeiteten. Auch das Wetter hat Einfluss auf das Antreffen der Jugendlichen. Da es gerade während der Ferien häufig geregnet hat, haben sich die Jugendlichen eher zu Hause aufgehalten bzw. sich getroffen. Im Laufe des Projektes wurden alle bekannten Treffpunkte zehn mal abgefahren und alle Jugendlichen angesprochen, die angetroffen wurden.

#### 3.4.1 Treffpunkte in Korb und Kleinheppach

**Treffpunkte in Korb:** Seeplatz, REWE, Keplerschule, Remstalhalle, Urbanschule, Jugendtreff, EDEKA, hinter dem Rathaus am Friedhof

Die ersten Kontakte entstanden in Zusammenarbeit mit Ingrid Poweleit, der Leiterin des Jugendtreffs, da sie bei den Jugendlichen eine sehr hohe Akzeptanz besitzt. Sie kennt die Treffpunkte der Jugendlichen und weiß, wer sich wann und wo trifft. Dadurch konnte sie einen großen Beitrag für das Projekt als „Türöffner“ zu diesen Jugendlichen leisten. Durch das Vertrauensverhältnis zu ihr bestand eine große Bereitschaft unter den Jugendlichen, Fragen für das Leasingprojekt zu beantworten und mitzuarbeiten.

Der Seeplatz mit den Bushaltestellen sowie der jetzige REWE dient den Jugendlichen als häufigster Aufenthalt während der Sommermonate. Auch im Winter halten sie sich dort oft auf. Sie kennen sich untereinander und wenn der Jugendtreff offen hat, gehen einige von ihnen auch da hin. Seit die Öffnungszeiten des Treffs reduziert wurden, sind sie noch mehr am Seeplatz oder an anderen Plätzen. Es gibt oft Ärger mit Anwohnern oder mit der Polizei, da sie laut sind und auffallen. Sie nehmen wenig Rücksicht und sind der Meinung, dass man für sie auch nichts tut und sie nicht wissen, weshalb sie dann Rücksicht nehmen sollen.

Sie sagen, es gibt keine Plätze, wo sie sich aufhalten dürfen und akzeptiert werden.

Am EDEKA sind Jugendliche mit Rollern und Mofa's, da man auf dem Parkplatz gut fahren kann. Ob das jemanden stört, ist ihnen eigentlich egal. „Wo sollen wir sonst fahren?“

Bushaltestellen dienen den Jugendlichen überwiegend für kurze Aufenthalte, wohingegen Bolzplätze, Schulen und die anderen Treffpunkte eher für längere und regelmäßige Aufenthalte genutzt werden.

Der Treffpunkt hinter dem Rathaus am Friedhof wird hauptsächlich spätabends genutzt, von Jugendlichen, die sich eher ruhig verhalten, aber Müll hinterlassen. Laut Aussage eines Jugendlichen „muss sich die Gemeinde nicht wundern, dass einige Jugendliche zu Drogen greifen, wenn es überhaupt nichts für sie gibt“.

Es wurde ein ausführliches Cliquesinterview auf Wunsch einiger Jugendlichen im Jugendtreff geführt. Zu einigen Jugendlichen konnte dadurch ein engerer Kontakt aufgebaut werden. Sie zeigten ein Bedürfnis nach Austausch und es ergaben sich einige Gespräche über ihre Ideen, Wünsche und Vorstellungen, die sie gerne einbringen möchten. Sie wissen nur nicht, wie.

**Treffpunkte in Kleinheppach:** Rathaus, Grundschule/Mehrzweckhalle, Sportplatz

Es wurden nicht viele Jugendliche an diesen Plätzen angetroffen. Die meisten halten sich mal da und mal da auf, sie wechseln ihre Aufenthaltsplätze. Es kommen öfters auch Jugendliche von außerhalb nach Kleinheppach und machen, laut Aussage von drei Jugendlichen auf der Straße, Ärger und Stress. Sie möchten, dass die weg bleiben.

Die Jugendlichen sagen, dass es in Kleinheppach nichts gibt, wo sie sich treffen und aufhalten können, deshalb sind sie auf der Straße oder vorm Rathaus, etc. Sie wünschen sich einen Treffpunkt in Kleinheppach, wissen aber auch nicht, wo der dann sein soll. Vielleicht in der Gemeindehalle oder ein bisschen außerhalb. Sie denken, dass es für sie nie etwas geben wird und dass alle Jugendlichen irgendwann wegziehen. Auch Läden hat es keine, außer einem Bäcker.

Sie liefern sich Provokationen und Streitereien mit dem Ortsvorsteher von Kleinheppach, zum Teil aus Langeweile. Laut Aussage der befragten Jugendlichen werden sie überall weggejagt und beobachtet. Es scheint ein persönlicher Konflikt zwischen bestimmten Jugendlichen und dem Ortsvorsteher zu sein. Sie geben zu, Müll zu hinterlassen und auch laut zu sein, aber es sind auch Jugendliche von außerhalb, die sehr provozierend und laut sind und Stress machen.

In den Sommermonaten gibt es noch den Treffpunkt am Berghäusle auf dem Kleinheppacher Kopf, vor allem am Wochenende. Bei diesen Treffen wird oft Müll, vor allem Glasflaschen und Scherben, liegengelassen. Herr Liebhardt kontrolliert dort regelmäßig und lässt die Jugendlichen, wenn sie sich ruhig verhalten, auch länger gewähren als eigentlich erlaubt. Nicht alle Cliques sind laut und provozierend, manche wollen sich nur treffen und das Berghäusle ist für sie ein angenehmer, abgelegener Platz.

### **3.4.2 Spontanbefragungen**

An folgenden Orten wurden Spontanbefragungen durchgeführt:

- ⇒ Freibad Korb
- ⇒ vor der Keplerschule
- ⇒ in einer Treff Kreativ-Gruppe
- ⇒ auf der Straße

Die meisten der Befragten sind in einem Verein aktiv und haben 2-3 mal pro Woche Training. Sie treffen sich in ihrer Freizeit am liebsten mit Freunden, meist privat in Korb und Umgebung, da wo ihre Freunde wohnen. Sonstige Hobbies sind lesen, Internet, PC-Spiele, Musik hören, Sport, tanzen, Disco, einkaufen.

Nicht alle kennen den Jugendtreff. Manche waren mal da, von den Befragten geht da niemand regelmäßig hin. Als Grund geben die meisten „keine Zeit“ an oder dass die Lage und die Räume völlig runtergekommen und unbrauchbar sind. Außerdem gehen ihre Freunde da nicht hin, deshalb gehen sie auch nicht hin. Sie treffen sich bei Freunden in und um Korb, da wo sie wohnen. Oft wechseln sie ihre Treffpunkte mehrmals am Tag.

Unter der Woche kann man als Jugendlicher in Korb im Verein zum Training gehen und Sport machen. Am Wochenende gibt es nichts, da ist es nicht gut. Viele gehen nach Waiblingen oder nach Stuttgart am Wochenende. Im Sommer gibt es das Freibad oder das Schützenhaus, im Winter ist nichts los. Manche wünschen sich mehr Einkaufsmöglichkeiten, Läden wie der H&M zum Beispiel.

Sie wünschen sich mehr Veranstaltungen und Angebote für Jugendliche in Korb, vor allem Konzerte. Sie haben den Wunsch nach einem richtigen Treffpunkt für Jugendliche und nach mehr Aufenthaltsplätzen.

Sie würden sich wünschen, in der Gemeinde mehr mitsprechen zu dürfen.



## **4 Fachliche Einschätzung und Empfehlungen**

### **4.1 Darstellung der Sozialstrukturdaten**

Das Sammeln und Auswerten von Sozialstrukturdaten ist eine Voraussetzung zur Bestimmung von Bedarfslagen. Die demographische Entwicklung in einem Gebiet gibt Aufschluss darüber, für wie viele Kinder heute und in naher Zukunft Jugendhilfeangebote gemacht werden müssen. Die Analyse sozialstruktureller Daten kann erste Hinweise über Konfliktpotentiale, Defizite und Fehlentwicklungen geben. Dargestellt werden deshalb die Zahlen zur Bevölkerungsstruktur (Altersaufbau, Nationalitäten, Geschlecht), zur Sozialhilfebedürftigkeit (bzw. ALG II), zur Familienstruktur (Alleinerziehende), zur stationären Unterbringung von Kindern und Jugendlichen und zur Jugendkriminalität im Rahmen eines kreisweiten Sozialdatenatlas. Betrachtet man das sozialstrukturelle Profil von Korb, so fällt auf, dass sich in Korb keine auffälligen Problemlagen darstellen lassen. In allen Bereichen, die über die soziale Lage einer Kommune Aufschluss geben (Alleinerziehende, Armut, Arbeitslosigkeit, und stationäre Hilfen zur Erziehung), liegt Korb unter dem Durchschnitt des Rems-Murr-Kreises.

### **4.2 Jugendarbeit in Vereinen und Jugendverbänden**

#### **4.2.1 Kurze Einführung / Definition / wesentliche Merkmale**

Vereine und Verbände spielen schon seit Mitte des 19. Jahrhunderts im Leben der Städte und Gemeinden Deutschland eine sehr wichtige Rolle. Sie bieten auf unterschiedlichen Ebenen einen wichtigen Lebensraum für Jugendliche, in dem sie vielfältige Erfahrungen sammeln können, die sie auf ihre Rollen in der Familie, Beruf und Gesellschaft vorbereiten. Insofern übernehmen die Vereine und Verbände schon seit langem wichtige gesellschaftliche Aufgaben. Durch die Vielschichtigkeit der Vereins- und Verbandsangebote – sei es im konfessionellen, politischen, sportlichen oder gesellschaftlichen Bereich – ist es den Vereinen nach wie vor möglich, in der Lebenswelt der Jugendlichen eine große, ja zentrale Rolle zu spielen.

#### **4.2.2 Daten und Fakten**

Die Gemeinde Korb verfügt über eine Vielzahl an Vereinen mit sehr unterschiedlichen Angeboten. Je nach Neigung können sich die Jugendlichen in fast allen Bereichen engagieren. In der Schulbefragung und den Interviews wurde sichtbar, dass bei Jugendlichen und Erwachsenen eine große Zufriedenheit mit dem Spektrum der Angebote besteht. Dies belegt auch die Zahl der jugendlichen Vereinsmitglieder. In der Schulbefragung gaben immerhin 64% an, Mitglied in einem Verein zu sein. Damit liegt die Zahl sogar über dem Durchschnitt des gesamten Rems-Murr-Kreises, in dem 52,8% aller befragten Jugendlichen angaben, Vereinsmitglied zu sein.

In den Interviews mit Erwachsenen und Jugendlichen wurde aber auch Kritik geäußert. Beklagt wurde die mangelnde Vernetzung der unterschiedlichen Angebote, vor allem die Tatsache, dass die Vereine zu wenig über die Aktivitäten, Probleme und Vorhaben der anderen Vereine wissen und dass sie zu wenig kooperieren. Vereinzelt wurde der Wunsch geäußert, enger zusammen arbeiten zu wollen und einige wenige Vereine und Organisationen tun dies auch bereits. Bei dem Treffen der Jugendsprecher im September wurde deutlich, dass dieser Bereich ein neues Themenfeld darstellt und seither nur sehr gering praktiziert wird.

### **4.2.3 Maßnahmen / Empfehlungen**

Gerade in einer Zeit, in der die Entwicklungen im Bereich der Jugendarbeit sehr schnell vorangehen, kommt einer besseren Vernetzung der Vereinsangebote, dem Informationsfluss und der Kooperation zwischen den Vereinen und Organisationen eine wichtige Bedeutung zu.

Der geringe Rücklauf zur Bestandsabfrage und geringe Teilnahme der Vereine beim ersten Vernetzungstreffen (siehe 3.1) trotz vermehrter Kontaktaufnahme zeigt, dass in diesem Bereich noch einiges mehr an Überzeugungsarbeit zu leisten ist, um die Vorteile einer vermehrten und verbesserten Vernetzung längerfristig sichtbar und erlebbar zu machen.

Eine Möglichkeit diesen Anforderungen gerecht zu werden, wäre eine regelmäßig stattfindende „Ortsjugendkonferenz“, zu der alle in der Jugendarbeit aktiven Menschen, VertreterInnen der Schulen, der Verwaltung und des Gemeinderats eingeladen sind. Hier hätten alle Beteiligten die Möglichkeit von ihrer Arbeit zu berichten, über aktuelle Entwicklungen der Jugendarbeit zu diskutieren, gemeinsame Strategien zu entwickeln und Kooperationen zu bilden. Damit eine gewisse Kontinuität gewährleistet ist, sollte die Einladung, Moderation, Programmgestaltung und Protokollierung der Ortsjugendkonferenz bei der Gemeinde Korb liegen, auch um insgesamt das Thema „Jugendarbeit“ in Korb fest zu verankern.

Ziel sollte sein, für einen solchen Kreis Erwachsene und Jugendliche aus der Gemeinde zu gewinnen.

Der seitherige Beirat für den Jugendtreff wäre ein Gremium, das dahingehend erweitert werden könnte.

Schon während des Leasing-Einsatzes wurde mit einzelnen Erwachsenen und JugendsprecherInnen aus Vereinen und Kirchen Kontakt aufgenommen und überlegt, wie eine engere Verzahnung aussehen könnte. Dabei stellte sich heraus, dass erst einmal der Sinn und die Vorteile für eine stärkere Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Anbietern für viele noch nicht klar zu sehen ist. Es ist notwendig, erst einmal ein Bewusstsein dafür zu schaffen, um den Beteiligten die Vorteile und die Notwendigkeit zu vermitteln.

Hierzu müssten von Seiten der Gemeinde verbindliche Strukturen geschaffen werden, die eine Delegierung von JugendsprecherInnen bzw. JugendleiterInnen in den Vereinen und deren Teilnahme an einer Ortsjugendkonferenz positiv beeinflussen. Ein entsprechendes Anreizsystem, z.B. über die Vergabekriterien der Vereinszuschüsse seitens der Gemeinde für die Verbandsjugendarbeit wäre eine Möglichkeit.

## **4.3 Partizipation**

### **4.3.1 Kurze Einführung / Definition / wesentliche Merkmale**

Die Diskussion über die Beteiligung von Jugendlichen hat sich über die Jahre verändert. Ging es zunächst darum, die Interessen und Bedürfnisse von Jugendlichen anwaltlich zu vertreten, so rückte im Laufe der Zeit ein neues Bild von Jugend in den Vordergrund. Jugendliche werden zunehmend als eigenständige Akteure und BürgerInnen begriffen. Kindern und Jugendlichen wird mittlerweile zugetraut, dass sie sich selbst aktiv für ihre Wünsche und Bedürfnisse einsetzen können. Standen früher Demokratiediskussionen im Vordergrund, so sind es heute eher Überlegungen zur praktischen Bewerkstellung von Partizipationsangeboten.

Partizipation heißt beteiligt sein, mitbestimmen, mithelfen, sich einbringen, sich engagieren, mitdiskutieren und gefragt werden, die Meinung sagen, sich auseinandersetzen und sich

einmischen. Oder anders gesagt, Jugendliche bekommen die Möglichkeit, bei allen Fragen die sie betreffen, kräftig mitzumischen.

Die Rechtlichen Grundlagen, auf welche die Beteiligung Jugendlicher basiert, sind vielfältig. Auszugsweise sei hier auf das SGB XII bzw. Kinder- und Jugendhilfegesetz (KJHG), verwiesen. Das KJHG verlangt in mehreren Artikeln die umfassende, bedürfnisorientierte Beteiligung von Kindern und Jugendlichen als Betroffene (KJHG §1 und §8).

#### **4.3.2 Daten und Fakten**

Die Auswertung der Schulbefragung zeigt, dass in allen Befragungsbereichen ein hohes Potential an jugendlichem Engagement und Beteiligungswillen bisher brach liegt. Im Verein engagieren sich 24% der Befragten und 34% gaben an, in der offenen Jugendarbeit und den Freizeitangeboten gerne mehr mithelfen bzw. mehr Einfluss ausüben zu wollen.

Geht man davon aus, dass Jugendliche nur dann mehr Mitarbeit und Einfluss wünschen, wenn sie aus ihrer Sicht bisher nicht genug haben, dann sieht man, dass hier einiges an Engagement und Beteiligungswillen ungenutzt bleibt. Dies wurde auch beim Jugendforum bestätigt, bei dem sich die Jugendlichen in allen Themenbereichen vorstellen können, aktiv zu sein und mitzuhelfen. Die am meisten gewünschten Einflussbereiche sind der Jugendtreff und Freizeitangebote allgemein. In der Diskussion am Ende des Jugendforums artikulierten die Verwaltungsspitze und der Gemeinderat ein gesteigertes Interesse, mehr Anregungen von den Jugendlichen erhalten zu wollen. Der Wunsch der Jugendlichen nach mehr Einfluss trifft demnach in Korb auf fruchtbaren Boden.

Viele der befragten Jugendlichen gaben in den Interviews an, als Jugendliche in Korb keinen hohen Stellenwert zu haben, dadurch identifizieren sie sich nicht mit ihrer Gemeinde. Sie orientieren sich nach außerhalb, was eine jahrzehntelang gewachsene Haltung ist, die den jüngeren Jugendlichen weiter vermittelt wird. Sie fühlen sich nicht als gleichwertige Bürger, es fehlt an Integration und einem Wir-Gefühl. Dadurch kommen verstärkt Frustrationen unter den Jugendlichen auf, die sich in Rücksichtslosigkeit der Allgemeinheit gegenüber äußert.

Das Jugendleasingprojekt konnte jedoch deutlich machen, dass bei entsprechender Haltung und gleicher Augenhöhe sich die Jugendlichen sehr wohl engagieren wollen, aber bisher keine Möglichkeiten dazu gegeben sind. Sie zeigen einen großen Partizipationswillen und können sich vorstellen, gemeinsam mit der Gemeinde eine Infrastruktur zu entwickeln. Darin liegt ein hohes Potenzial, das es zu nutzen gilt.

#### **4.3.3 Maßnahmen / Empfehlungen**

Das Spektrum der gewünschten Beteiligungsformen unter den befragten Jugendlichen ist vielfältig. Mitbestimmen, abstimmen, einmischen, mitmachen und mitorganisieren gehören ebenso dazu wie nur mal seine Meinung sagen über bestimmte Dinge. Je nach Alter und Lebenslage setzen die Jugendlichen dabei ihre unterschiedlichen Prioritäten. Dies bedeutet für die Praxis, dass sich die Verantwortlichen nicht auf eine Form der Beteiligung festlegen sollten, denn die Festlegung auf eine Beteiligungsform würde eine Prioritätensetzung in Richtung einer bestimmten Gruppe von Jugendlichen gleichkommen. Vielmehr erscheint es sinnvoll, einen Mix aus Beteiligungsmöglichkeiten anzubieten, der den verschiedenen Anforderungen gerecht wird.

Die Jugendlichen äußerten den Wunsch nach mehr Informationen von Seiten der Gemeinde, was ihre Belange und die Angebote angeht. Sie könnten sich eine Zeitung für und von Jugendlichen vorstellen, wobei die praktische Umsetzung ein hohes Maß an Engagement und auch finanzielle Mittel sowie Räume voraussetzt.

Eine Alternative wäre eine Seite im Mitteilungsblatt, die von Jugendlichen gestaltet wird. Der Vorteil wäre, dass jeder Haushalt in Korb das Mitteilungsblatt kostenfrei erhält und es nicht extra verteilt werden muss. Der Nachteil ist, dass das Mitteilungsblatt von Jugendlichen nur

sehr wenig gelesen und beachtet wird. Jugendliche haben aber das Bedürfnis, ihre Meinungen im Alltag einbringen zu können und zwar dann, wenn sie aktuell sind.

Für die Gemeinde Korb könnte deshalb ein Internetforum den Jugendlichen die Möglichkeit bieten, ihre Meinungen und Anregungen aktuell und kurzfristig einbringen zu können. Hier können Ideen gesammelt und gruppiert werden und bei Bedarf gegebenenfalls in einer größeren Veranstaltung wie z.B. einem Jugendforum mit den Jugendlichen bearbeitet und diskutiert werden.

Die „Alltagsbeteiligung“ ist sehr wichtig für eine Integration der Jugendlichen in ein gleichberechtigtes Gemeindeleben, kann aber als Beteiligungsmodell nicht für Entscheidungen herangezogen werden, die eine größere Anzahl von Jugendlichen betreffen, da es individuelle und persönliche Ansichten sind. Die Möglichkeiten liegen hier eher im Bereich des persönlichen Kontakts zwischen Jugendlichen und den verantwortlichen Erwachsenen und einem kontinuierlichen Austausch.

Das „ernst genommen und respektiert werden“ ist für Jugendliche elementar wichtig. Sie sollten Antworten auf ihre Fragen und Anregungen bekommen und damit das Internetforum nicht für Beleidigungen oder Ähnliches missbraucht wird, ist es zwingend notwendig, das Forum regelmäßig zu pflegen und zu überwachen.

Alle Angebote für Jugendliche und gelegentliche Veranstaltungen könnten über ein Internetforum transparent gemacht werden. Die Jugendlichen und auch die Anbieter hätten jederzeit Zugriff darauf und könnten ihre Angebote jederzeit aktualisieren.

Eine verstärkte Kommunikation zwischen Gemeindeverwaltung/Gemeinderat und Jugendlichen kann durch regelmäßige Bürgermeistergespräche stattfinden, z.B. in einem geeigneten Jugendtreff, zwei bis drei mal jährlich.

Zudem könnten Stadtteilkonferenzen dazu beitragen, Jugendliche, vor allem aus Kleinheppach, mit ihren Bedürfnissen mit zu integrieren.

Mit diesen vielfältigen Angeboten an Jugendliche würde die Gemeinde Korb den fachlichen und gesetzlichen Anforderungen an die Beteiligung Jugendlicher in hohem Maße entsprechen.

## **4.4 Treffpunkte für Jugendliche und Freizeitmöglichkeiten**

### **4.4.1 Kurze Einführung / Definition / wesentliche Merkmale**

Stärker als früher wird die Jugendarbeit heute mit den Zugängen und Aneignungsformen von Räumen durch Jugendliche konfrontiert. Raum ist dabei nicht nur als freie Fläche oder umbaute Kubikmeter, sondern auch Handlungsspielraum, Öffentlichkeit, Zugangsmöglichkeit zu Kontakten und der Erreichbarkeit von Angeboten zu verstehen. Räume werden von Jugendlichen im Sinne ihrer jeweiligen Bedürfnisse genutzt, gestaltet und funktionalisiert. Jugendliche drücken ihre Zugehörigkeit vor allem über diese von ihnen „belegten“ Räume aus. Eine solche Raumnutzung ist gerade in dicht besiedelten Gebieten und angesichts der weitgehenden Funktionalisierung städtischer Räume nicht konfliktfrei, insbesondere dort, wo sich Jugendliche in größeren Gruppen treffen und durch die damit verbundene Geräuscentwicklung als störend empfunden werden.

Die Zugehörigkeit zu einer Clique hat im Alltag von Jugendlichen eine zentrale Bedeutung. Unter Clique wird hier eine selbst organisierte informelle Gruppierung verstanden, im Unterschied zur pädagogisch inszenierten "Gruppe". Heutige Jugendcliquen unterscheiden sich von den Peergroups und Subkulturen früherer Generationen. Heute geht es nicht mehr nur um Vorbereitung auf das Erwachsenwerden, Ergänzung oder Vermittlung verschiedener gesellschaftlicher Positionen und kontroverser Konzepte (wie etwa bei der

Studentenbewegung), sondern um eine immer mehr auf sich gestellte und prinzipiell offene und entsprechend verunsicherte Orientierungssuche nach Wegen und Möglichkeiten gelingender Lebensbewältigung.

Allerdings werden Cliques eher "stiefmütterlich" behandelt. Die in ihrem Alltagsumfeld von jungen Menschen selbst organisierten, unstrukturierten Jugendcliques werden dabei immer wieder mit Skepsis und Besorgnis (z.B. als schlechter Einfluss der Straße oder Gasse) wahrgenommen. Jugendarbeit mit Cliques ist eher da akzeptiert, wo besonders "schwierige" Jugendliche erreicht werden sollen, z.B. in der Mobilen Jugendarbeit. Damit wird aber verdrängt, dass auch für ganz normale Jugendlichen die Clique wichtig ist. Die hier beschriebene „stiefmütterliche“ Behandlung der Cliques, die sich im öffentlichen Raum treffen, ist in Korb deutlich zu erkennen. Von Erwachsenen und von Jugendlichen wurde oft berichtet, dass es hier zu Auseinandersetzungen wegen Lärm und/oder Schmutz kommt.

#### **4.4.2 Daten und Fakten:**

Die wichtigste Freizeitbeschäftigung ist für die befragten Jugendlichen „sich mit Freunden zu treffen“. Bei der Auswertung der Schulbefragung wurde deutlich, dass jedoch nur 40% aller antwortenden Jugendlichen angaben, sich privat oder zu Hause treffen zu können. Es gaben genauso viele Jugendliche an, ihre Freizeit auf der Straße/in der Natur zu verbringen.

Die wichtigsten öffentlichen Treffpunkte für Jugendliche sind in Korb der Seeplatz mit den Bushaltestellen, REWE und EDEKA sowie die Sportplätze. In Kleinheppach ist es vor allem das Rathaus und der Sportplatz. Der jetzige Jugendtreff bietet den Jugendlichen mit seinen Öffnungszeiten nur eine geringe Möglichkeit der Freizeitgestaltung. Vor allem im Winter, wenn öffentliche Treffpunkte weniger attraktiv sind, wird dies von den Jugendlichen als ein Mangel empfunden.

Die meisten Jugendlichen sind mit den Freizeitangeboten in Korb außerhalb des Vereins nicht zufrieden. Das gaben über zwei Drittel aller befragten SchülerInnen und 37 von 38 registrierten Jugendlichen des Jugendforums an.

Außer dem jetzigen Jugendtreff und den Sportplätzen gibt es keine Möglichkeiten der Freizeitgestaltung. Die kirchlichen Angebote werden nur von einem kleinen Kreis Jugendlicher genutzt. Am meisten bemängelt werden fehlende öffentliche Treffpunkte, ein Jugendtreff mit genügend Räumlichkeiten und Angeboten innerhalb des Orts, ein Jugendcafe, mehr Freizeitangebote allgemein und jugendkulturelle Veranstaltungen.

Sport spielt in der Freizeit der Jugendlichen in Korb eine große Rolle. Von den befragten Jugendlichen gaben 65% an, in ihrer Freizeit Sport zu treiben. Gleichzeitig gaben 64% an, Mitglied in einem Verein zu sein. Dies zeigt, dass in Korb der Vereinssport im Spektrum der Freizeitaktivitäten eine wichtige Rolle spielt und eine sehr gute verbandliche Jugendarbeit gemacht wird.

Auch in den Interviews und den Spontanbefragungen wurde deutlich, dass sehr viele Jugendliche in einem Verein sind und zwei bis dreimal die Woche Training haben.

Allerdings wurde beim Jugendforum deutlich, dass für Freizeitsport keine Beleuchtung an den Sportplätzen vorhanden ist, was vor allem im Winter von Nachteil ist. Und die Sportplätze können von den Jugendlichen außerhalb des Vereins nur bedingt genutzt werden. Es werden Flutlichter gewünscht und die Möglichkeit, Sporthallen an bestimmten Zeiten nutzen zu können. Auch der Wunsch nach einer Skater- und Inlineranlage wurde häufig genannt.

In den Interviews und den Spontanbefragungen wurde deutlich, dass Jugendliche aus Kleinheppach über die Freizeitmöglichkeiten in Kleinheppach sehr frustriert sind. Vereine gibt es nur in Korb und es gibt keinen Treffpunkt, wo sie sich aufhalten, Freunde treffen oder Musik hören können. Es wurde von den Jugendlichen geäußert, dass sie gerne in

Kleinheppach einen Treff hätten, da sie nicht nach Korb in den Jugendtreff gehen können, weil abends ab 20.00 Uhr kein Bus mehr von Korb nach Kleinheppach fährt. Bedingt durch die räumliche Entfernung zum Gemeinwesen Korb bleiben sie eher in Kleinheppach. Sie könnten sich vorstellen, dass irgendwo ein alter Bauwagen oder Container hingestellt wird.

#### **4.4.3 Maßnahmen / Empfehlungen**

Die Gemeinde Korb kann mit den Freizeitangeboten für Jugendliche nur dahingehend zufrieden sein, was die verbandliche Jugendarbeit betrifft. Das Spektrum der Vereinsangebote wird von Jugendlichen und Erwachsenen gleichermaßen als sehr gut eingeschätzt.

Betrachtet man die gesamten Rückmeldungen der Jugendlichen und Erwachsenen während des Projektes in Bezug auf die Treffpunkte und die Freizeitangebote, so werden zwei Bereiche deutlich, die verändert und ausgebaut werden sollten.

Zum einen betrifft dies die öffentlichen Treffpunkte und den Jugendtreff. Es sollte von Seiten der Gemeinde toleriert werden, dass sich Jugendliche an öffentlichen Plätzen aufhalten. Seit Jahrzehnten treffen sich Jugendliche am Seeplatz, es ist kein neues Phänomen. Verändert haben sich jedoch Verhalten und Wertvorstellungen von Jugendlichen genauso wie die Haltung der Gemeinde den Jugendlichen gegenüber. Seit die Öffnungszeiten des Jugendtreffs verringert wurden, treffen sich noch mehr Jugendliche an den öffentlichen Plätzen und sind frustriert. Jugendliche gehören genauso in ein Ortsbild wie andere Bevölkerungsschichten. Haben Jugendliche das Gefühl, „gewollt und gleichberechtigt“ zu sein, werden sich Frustrationen abbauen und Provokationen verringern.

Nach Ansicht vieler Jugendlicher und Erwachsener ist die Lage, die Ausstattung und das Angebot des jetzigen Jugendtreffs nicht bedarfsgerecht. 40% aller befragten SchülerInnen möchten einen Jugendtreff innerhalb des Orts und nur 28% möchten ihn etwas außerhalb des Ortskerns. Vor allem die Hauptzielgruppe der 14-16jährigen möchte einen Jugendtreff im Ort. Die Öffnungszeiten decken in keiner Weise den erfragten Bedarf der Jugendlichen ab. Vor allem am Nachmittag, am Wochenende und in den Ferien wünschen sich die Jugendlichen Angebote.

Betrachtet man alle bestehenden Angebote so fällt auf, dass im Nachmittagsbereich zwischen 14:00 und 16.30 Uhr keine Trainings stattfinden. Auch die Gruppenangebote der Kirchen finden erst am Abend statt. Außer den 14-tägigen Gruppen des Treffs Kreativ an der Keplerschule scheint also ein „Loch“ zu sein, hier sollte über offene und niederschwellige Angebote für Jugendliche nachgedacht werden.

Vorstellbar wäre die Erweiterung der Öffnungszeiten des Jugendtreffs am Nachmittag. Oder ein Angebot der Schule für eine Nachmittagsbetreuung, wobei in beiden Fällen über eine sozialpädagogische Fachkraft nachgedacht werden muss. Es gibt bereits den Hort an der Keplerschule, der seither jedoch nicht für Jugendliche konzipiert ist.

Der andere Bereich betrifft die Sport- und Freizeitangebote allgemein sowie jugendkulturelle Veranstaltungen wie z.B. Konzerte, Discos und Ähnliches. Auch wenn die Möglichkeiten der Gemeinde in diesem Bereich begrenzt sind kann auch hier einiges bewegt werden.

Möglichkeiten könnten sein:

- Flutlichter an den Sportplätzen, um vor allem im Winter Freizeitsport zu ermöglichen
- Die Bereitstellung der Sporthallen zu bestimmten Zeiten für Freizeitsport, falls Kapazitäten vorhanden sind.
- Eine Freizeitanlage für Bikes, Inliner und/oder Skater gemeinsam mit Jugendlichen konzipieren und gestalten
- Jugendkulturelle Angebote innerhalb des Angebots eines Jugendhauses

- Regelmäßige Konzert- oder Eventveranstaltungen, z.B. in Kooperation der Gemeinde mit Vereinen und/oder dem Jugendhaus.
- Busverbindungen von Korb nach Kleinheppach auch nach 20.00 Uhr
- Sozialraumorientierte Jugendarbeit in Kleinheppach. Aufbau eines ehrenamtlichen oder selbstverwalteten Treffpunkt, unterstützt durch eine hauptamtliche Kraft.

## **4.5 Offene Jugendarbeit:**

### **4.5.1 Kurze Einführung / Definition / wesentliche Merkmale**

Offene Arbeit mit Kindern und Jugendlichen ist Sozialisationshilfe und hat vor allem die Aufgabe, jungen Menschen unter Wahrung des Prinzips der Freiwilligkeit und ausgehend von ihren Interessen und Bedürfnissen Raum für ihre Persönlichkeitsentwicklung zu geben, sie zu eigenverantwortlichen Tätigkeiten zu motivieren, Eigeninitiative, Selbstorganisation, Selbstgestaltungskompetenz und ehrenamtliches Engagement zu fördern.

Generell kommt es in der offenen Arbeit mit Kindern und Jugendlichen darauf an, Verständnis und Toleranz zu wecken und zu fördern, Aufrichtigkeit und Offenheit zu stärken, Hoffnung und Lebensperspektiven zu vermitteln und die Würde des anderen zu respektieren. Offene Arbeit mit Kindern und Jugendlichen bringt auch in geeigneter Weise jungen Menschen ihre Verantwortung gegenüber dem eigenen und anderen Geschlecht, den verschiedenen Generationen und dem Leben in Partnerschaft, Ehe und Familie nahe.

Die offene Arbeit mit Kindern und Jugendlichen orientiert sich an der Lebenssituation, den Problemen und Herausforderungen der Kinder und Jugendlichen.

Schwerpunkte der offenen Arbeit mit Kindern und Jugendlichen sind Freizeit- und Bildungsangebote einschließlich der Vermittlung von Lebenshilfen. Geschlechtsspezifische Angebote sind dabei zu berücksichtigen.

Offene Arbeit mit Kindern und Jugendlichen bedient sich dabei besonderer Formen und Methoden der außerschulischen Jugendbildung. Sie eignet sich, jungen Menschen Übungsfelder anzubieten, auf denen gesellschaftliche Zusammenhänge erkannt, Verhalten geübt, Möglichkeiten und Grenzen erfahrbar gemacht werden.

### **4.5.2 Daten und Fakten**

Die Gemeinde Korb verfügt über mehrere offene Treffmöglichkeiten für Jugendliche. Neben dem Jugendtreff sind die offenen Treffpunkte der evangelisch freikirchlichen Gemeinde in Endersbach, der evangelisch-methodistischen und der evangelischen Kirchengemeinde sowie des CVJM zu nennen. Außer dem Jugendtreff sind diese Angebote ehrenamtlich geführt und tragen einen wichtigen Teil zum Spektrum der Freizeitangebote für Jugendlichen bei, wenn sie auch nur einen sehr kleinen Teil der Jugendlichen ansprechen.

Bei der Schulbefragung, dem Jugendforum sowie den Interviews mit Jugendlichen und Erwachsenen wurde klar deutlich, dass der gemeindeeigene Jugendtreff mit seinem jetzigen Standort, den Räumlichkeiten und den Angeboten nicht dem Bedarf der Jugendlichen entspricht. Mit den Öffnungszeiten deckt er nicht den erforderlichen zeitlichen Bedarf ab.

### **Jugendtreff:**

Der Jugendtreff hat derzeit Montag, Dienstag und Mittwoch von 19:00 bis 22:00 Uhr geöffnet und ist durch die Öffnungszeiten eher für ältere Jugendliche ein nur spärlich genutztes Angebot. So geben lediglich 8% aller befragten Jugendlichen an, das Jugendhaus zu

besuchen. Nach der Schulbefragung, des Jugendforums und durch die Interviews mit Jugendlichen und Erwachsenen gehen die bestehenden Öffnungszeiten am Bedarf der Jugendlichen vorbei. Viele Jugendliche würden das Jugendhaus gerne besuchen, finden aber auf Grund der sehr eingeschränkten Öffnungszeiten, der Lage und den Räumlichkeiten selten den Weg dahin. Wie in Punkt 4.4.3 deutlich wurde, wäre ein Ausbau der Öffnungszeiten am Nachmittag sehr sinnvoll, um auch jüngere Jugendliche anzusprechen.

#### **4.5.3 Maßnahmen / Empfehlungen**

Wie oben schon erwähnt, bestehen für Jugendliche in Korb mehrere von Kirchengemeinden ehrenamtlich geführte offene Treffpunkte, die bedingt durch die Ehrenamtlichkeit den Bedarf an regelmäßigen Öffnungszeiten im Nachmittagsbereich jedoch nicht abdecken können.

Die Unterstützung der offenen Jugendarbeit durch eine weitere pädagogische Fachkraft und/oder die Erhöhung des Stundenkontingents der jetzigen Fachkraft ist demnach ein sinnvoller Weg, um die offene Jugendarbeit in Korb auszubauen und die Öffnungszeiten vor allem im Nachmittagsbereich zu erweitern.

Außerdem sollte generell über eine Veränderung der Öffnungszeiten nachgedacht werden, da am Wochenende seither keinerlei Angebote stattfinden, ein Bedarf aber vorhanden ist.

Um die offene Jugendarbeit in Korb zukunftsfähig aufzustellen, sollte die Gemeinde Korb dafür einen Stellenumfang von insgesamt 150% vorsehen. In einer Gemeinde mit der Größe von Korb sollte ein Jugendhaus in der Regel mit zwei hauptamtlichen Kräften besetzt sein, bedingt durch die zum Teil sehr problembelasteten Jugendlichen. Vergleichbar hierzu sind Gemeinden wie Leutenbach, Schwaikheim oder Weinstadt, die mit jeweils 150% Fachpersonal und einem Zivildienstleistenden ausgestattet und besetzt sind.

Folgende Schwerpunkte offener Jugendarbeit ergeben sich, neben den vorliegenden Fakten, für die erforderlichen Fachkräfte.

- Verstärkte Öffentlichkeitsarbeit sowie Betreuung des Internetforums für Jugendliche
- Ansprechpartner/in und enge Zusammenarbeit mit der Gemeindeverwaltung
- Bindeglied zwischen Jugendlichen, Verwaltung und Gemeinderat
- Enge Zusammenarbeit und Abstimmung mit den Schulen in Bezug auf erforderliche Angebote im Themenfeld des Übergangs von Schule in Ausbildung / Beruf
- Durchführung und Planung von Veranstaltungen für Jugendliche in Kooperation mit der Gemeinde, Vereinen, Schulen und sonstigen Initiativen
- Koordination entsprechender Ortsjugendkonferenzen
- Aufbau eines Treffs in Kleinheppach unter Einbezug Jugendlicher / Ehrenamtlicher
- Entsprechende Unterstützung des Ehrenamtlichen-Teams in Kleinheppach bei allen pädagogischen Fragen und Problemen
- Organisation und Mitgestaltung des Ferienprogramms
- Mitwirkung bei öffentlichen Gemeindeveranstaltungen, z.B. beim Straßenfest
- Umsetzung regelmäßiger Partizipationsmethoden (z. B. Stadtteilkonferenzen, Bürgermeistergespräche)

Des weiteren sollte über den Standort und die Struktur des Jugendtreffs nachgedacht werden. Sollte der alte Treff in seiner jetzigen Form und Ausgestaltung dort bleiben und nichts verändert werden, so wird sich auch nichts am bisherigen Konfliktpotential zwischen Gemeinde – Jugendtreff - Jugendlichen ändern.



Hier wird ein klarer Schnitt und Neuanfang bzgl. Räumlichkeiten wie auch der Personalsituation benötigt.

Ausgehend von den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit ist die bestehende Konzeption des Jugendtreffs am konkret erhobenen Bedarf der Zielgruppe entlang weiterzuentwickeln. Dies beinhaltet neben den schon integrierten fachliche Standards ein klares Anforderungsprofil an die Fachkräfte.

Bei der Umsetzung der in der Konzeption festgelegten Ziele in die Praxis muss ein kontinuierlicher Soll-Ist-Abgleich erfolgen. Dieser muss durch verschiedener Formen und Methoden der Zielplanung und Evaluation seitens der Gemeinde durchgesetzt werden. Dazu gehören eine klar umschriebene Stellenbeschreibung, kontinuierliche Zielplanungsgespräche, Dokumentations- und Evaluationsbögen.

Um die Transparenz auch gegenüber Dritten gewährleisten zu können, sollte dieser Prozess beschrieben und die Ergebnisse und Schlussfolgerungen, z.B. im Rahmen eines Jahres- oder Quartalsberichts im Gemeinderat, kommuniziert und dokumentiert werden.

Dieser kontinuierliche, mittelfristige Prozess, bei dem die festgestellten Ergebnisse einer Zielkritik unterzogen, Schlussfolgerungen für weitere Verbesserungsmöglichkeiten und neue Zielsetzungen formuliert werden, ist Grundlage für eine beständige Qualitätsentwicklung.

#### **4.6 Kooperation Jugendarbeit - Schule:**

##### **4.6.1 Kurze Einführung / Definition / wesentliche Merkmale**

Jugendhilfe und Schule haben nicht nur die gleiche Zielgruppe; sondern sie haben auch ähnliche Aufgaben, nämlich die Förderung junger Menschen in ihrer Entwicklung zu einer eigenverantwortlichen und gemeinschaftsfähigen Persönlichkeit. Vor diesem Hintergrund haben Jugendhilfe und Schule unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt und unterschiedliche Handlungsaufträge entwickelt. Beide zusammen tragen sie die öffentliche Verantwortung für das Aufwachsen der jungen Generation. Sie sind aufgefordert, institutionelle Grenzen zu überwinden und die Potentiale und das Engagement ihrer pädagogischen Fachlichkeit für die Wahrnehmung gemeinsamer Aufgaben zu nutzen.

Die Schule ist, schon vom zeitlichen Umfang her, den sie einnimmt, ein zentraler Bestandteil der Lebenswelt von Kindern und Jugendlichen. Deshalb ist es sinnvoll, dass auch die Jugendhilfe und die Jugendarbeit hier präsent sind. Für die Jugendhilfe und besonders die Jugendarbeit in einer Gemeinde ergibt sich daraus auch die Möglichkeit, mit einer großen Zahl von Jugendlichen in Kontakt zu kommen, auch solchen Jugendlichen, die zunächst keine Angebote der offenen Jugendarbeit besuchen. Und umgekehrt hat die Schule Angebote der Jugendhilfe vor Ort, die sowohl den Schulalltag bereichern, etwa ein offener Schülertreff, als auch bei Bedarf im Einzelfall einen unbürokratischen und niederschweligen Zugang zu Beratung und Hilfe darstellen.

Kooperationen in sozialraumbezogenen Netzwerken eröffnen neue Möglichkeiten schulartübergreifender Kooperation mit anderen Einrichtungen und Institutionen in der Gemeinde. Insbesondere gemeindebezogene Kooperationen ermöglichen eine engere Abstimmung der Angebote vor Ort, dadurch können Schulen, Einrichtungen der offenen und verbandlichen Jugendarbeit und andere Institutionen (z.B. Musikschulen, Büchereien) sich wechselseitig ergänzen und unterstützen, sie können gemeinsame Arbeitsschwerpunkte und Handlungsfelder bestimmen und durch ihre Zusammenarbeit dazu beitragen, die Lebenswelten von Kindern und Jugendlichen zu gestalten.

#### **4.6.2 Daten und Fakten**

Der Bedarf an Jugendarbeits- bzw. Jugendhilfeangeboten an der Keplerschule wurde im Laufe des Projekts von mehreren Befragten geäußert, die in der Schule oder der Jugendarbeit arbeiten beziehungsweise aktiv sind, nicht aber von den Jugendlichen selbst.

Außer den Azubipatenschaften, die ehrenamtlich übernommen sind, bestehen derzeit keine Angebote an der Keplerschule. Gleichzeitig wird aber ein erhöhter Bedarf an frühzeitiger Unterstützung festgestellt, was den Übergang Schule und Beruf angeht. In diesem Bereich treten vermehrt Probleme auf, vor allem schwächere Jugendliche aus zum Teil schwierigeren familiären Verhältnissen bleiben zunehmend auf der Strecke und finden keinen Ausbildungsplatz.

#### **4.6.3 Maßnahmen / Empfehlungen**

Kooperation braucht Strukturen. Um das Zusammenwirken von gemeindlicher Jugendhilfe und Schule zu koordinieren, ist eine Kooperation auf kommunaler Ebene unverzichtbar. Diese Kooperation kann in unterschiedlichen Formen erfolgen, das für Korb geeignete Modell muss im Zusammenwirken mit den jeweiligen Leitungskräften sowie den vor Ort tätigen, hauptamtlichen wie auch ehrenamtlichen Mitarbeitern erfolgen.

Eine Möglichkeit für Korb wäre die enge Anbindung der hauptamtlichen Fachkräfte der offenen Jugendarbeit an der Schule. Ein entsprechendes, regelmäßiges Netzwerktreffen mit den beteiligten Partnern pro Schuljahr zur Planung geeigneter Bausteine garantiert hierbei eine längerfristige, positive Entwicklung.

Erfolgreiche Kooperation bedeutet:

- ⇒ Es findet tatsächlich eine Kooperation statt. Kennzeichen hierfür sind Partnerschaftlichkeit, gemeinsame Entwicklung, Durchführung und Auswertung sowie Verlässlichkeit.
- ⇒ Die Kooperation ist kein einmaliges Ereignis, sondern wird fest verankert, d.h. sie ist auf Dauer angelegt und finanziell und strukturell abgesichert.
- ⇒ Die Kooperation orientiert sich am jeweiligen Bedarf. Dies bedeutet, dass Jugendliche an der Planung beteiligt werden, dass ihre Bedürfnisse mit berücksichtigt werden.

Mögliche Ansatzpunkte für Kooperationsprojekte sind u.a. Bewerbungstrainings, Benimmtrainings, Sucht- und Gewaltprävention, Vorstellungs- und Gesprächstrainings.

Die Ressourcen der beteiligten Partner sind dabei zu beachten, d.h. wenige, aber qualitativ gute Projekte (aus Kapazitätsgründen und zur Qualitätsentwicklung).

### **5. Zusammenfassung**

Der Gemeinde Korb steht ein vielfältiges Potential an ehrenamtlicher Jugendarbeit wie auch an engagierten Jugendlichen zur Verfügung. Dieses Potential, vor allem das der engagierten Jugendlichen, wird bisher lediglich zu einem kleinen Teil ausgeschöpft.

Fasst man die Ergebnisse der unterschiedlichen Untersuchungen zusammen fällt auf, dass die Gründe hierfür vor allem im derzeitigen gemeindeeigenen (Unterstützungs-)Angebot an Kinder- und Jugendarbeit sowie an der generellen Haltung gegenüber den Jugendlichen liegen.

Eine erfolgreiche Kinder- und Jugendarbeit ist nicht nur gesetzlich begründet (SGB VIII) sondern stellt auch ein nicht zu unterschätzendes Infrastrukturangebot der Gemeinden im Wettbewerb um junge Familien dar.

Um die Kinder- und Jugendarbeit entsprechend zukunftsfähig aufzubauen werden folgende Schritte als notwendig erachtet:

- 1) Der Beirat für den Jugendtreff wird erweitert zu einem Kreis mit Vertretern von allen Anbietern von Kinder- und Jugendarbeit sowie deligierten Jugendlichen aus den Jugendverbänden und (haupt- wie ehrenamtlichen) Jugendtreffs. Der Beirat trifft sich regelmäßig (mindestens zwei mal jährlich) im Rahmen einer Ortsjugendkonferenz und bespricht und koordiniert alle Belange und Angebote von und für Jugendliche. Die Leitung / Koordination der Ortsjugendkonferenz unterliegt der für die Jugendarbeit zuständigen hauptamtlichen Kraft der Gemeinde.
- 2) Erhöhung des gemeindeeigenen Personals im Bereich Offener Kinder- und Jugendarbeit auf 150%, geschlechterparitätisch besetzt mit den oben genannten inhaltlichen Schwerpunkten.
- 3) In diesem Zusammenhang eine klare Stellenbeschreibung für die Offene Kinder- und Jugendarbeit, verbunden mit geeigneten Zielvereinbarungs- sowie Evaluationsmethoden für die inhaltliche Umsetzung und Überprüfung der Arbeit.
- 4) Konzeptionelle Neuausrichtung der Offenen Kinder- und Jugendarbeit, vor allem hinsichtlich einer jüngeren Zielgruppe, vermehrter Öffnungszeiten am Nachmittag sowie verstärkter Kooperation mit der Schule.
- 5) In diesem Zusammenhang sollten sich die Verantwortlichen aus Schule und Gemeinde sowie der haupt- und ehrenamtlichen Kinder- und Jugendarbeit mindestens einmal pro Schuljahr zusammensetzen, um geeignete Kooperationsprojekte zu entwickeln und zu planen. Es können auch Projekte über die Job-Engine des Kreisjugendrings oder über das Referat Jugendarbeit des Kreisjugendamtes angefragt werden.
- 6) Der Standort sowie die Räumlichkeiten für einen Jugendtreff sind zu überdenken. Der bisherige Standort erreicht nur eine kleine Gruppe Jugendlicher und ist für die Mehrheit der Korber Jugendlichen als Treffpunkt negativ besetzt.
- 7) Die Einrichtung eines Treffpunkts für Jugendliche in Kleinheppach ist zu unterstützen. Im Rahmen eines sozialraumorientierten Ansatzes kann hierbei der Aufbau und die Begleitung entsprechender ehrenamtlicher Strukturen durch die hauptamtlichen Kräfte der offenen Jugendarbeit erfolgen.
- 8) Öffentliche Treffpunkte sowie die Jugendlichen im Ortsbild sollten als gleichberechtigte Bürger akzeptiert werden. Dies bedeutet einen längerfristigen Prozess, da hier die eigene, innere Haltung gegenüber Jugendlichen eine nicht zu unterschätzende Rolle spielt. Ohne immerwährende Kommunikation und Auseinandersetzung (im positiven Sinne) ist dies kaum möglich. Hier sind kontinuierliche Partizipationsmethoden wie Stadtteilkonferenzen oder Bürgermeistergespräche äußerst förderlich.
- 9) Es sollte ein Internetforum für den Austausch zwischen Jugendlichen und Verantwortlichen der Gemeinde eingerichtet werden. Die Pflege des Internetforums kann durch ehrenamtliche Jugendliche und die Fachkräfte der offenen Jugendarbeit erfolgen.

Das Referat Jugendarbeit kann die Gemeinde Korb bei dem mit diesem Projekt angestoßenen Prozess im Rahmen seines Auftrags durch strukturelle sowie konzeptionelle Beratung weiterhin unterstützen und begleiten.

## 6. Anhang

### 6.1 Übersicht der Anbieter von Jugendangeboten

#### Vereine

	<b>Ansprechpartner</b>	<b>Wann+Wo</b>	<b>Für wen+was</b>
Bushinkan-Dojo e.V.	Sven Kreß 07151/603693	in Weinstadt Mi+Fr 18-19.00 19-19.30 20-21.30	Bushido
<a href="mailto:info@bushinkan-dojo.de">info@bushinkan-dojo.de</a>			
Christl. Pfadfinderschaft Deutschland e.V. Stamm Forseti	Verena Koch 07151/22956	ev. Kindergarten Steinreinach Mo 18-20.00 Uhr Mi 18-20.00 Uhr	Mädchen  13-14 Jährige 12-13 Jährige Basteln, Spiele, Abenteuer, Natur
<a href="mailto:blumentopfkoeh@web.de">blumentopfkoeh@web.de</a>			
CVJM Korb e.V.	Matthias Beilharz 07151/37555	CVJM-Heim Do 19-21.00 Uhr  Do 17.30-19.00 Uhr  Di 17.15-18.30 Uhr	Jungen+Mädchen 14-19 Jahre Jungenschaft 8-13 Jahre Jungenjungschar 11-14 Jahre Mädchenjungschar
<a href="mailto:kontakt@cvjm-korb.de">kontakt@cvjm-korb.de</a>			
CVJM Korb e.V. Posaunenchor	Klaus Stöckel 07151/30920	CVJM-Heim Fr 20.00 Uhr  Fr 18.00 Uhr	Mädchen+Jungen jedes Alter Posaunenchor 8-10 Jahre Jungbläser-Kurs
<a href="mailto:posaunenchor@cvjm-korb.de">posaunenchor@cvjm-korb.de</a>			
Debating Society Stuttgart Germany e.V.	Angelika Höness 07151/34945	Mai und November	Mädchen+Jungen Debattiermeisterschaft
<a href="mailto:Hoeness@t-online.de">Hoeness@t-online.de</a>			
DLRG e.V. Ortsgruppe Korb	Jo-Ann Hanselmann 07151/305944	Hallenbad Korb Mo 17-20.45 Uhr	Mädchen+Jungen Training, Schwimm- Rettungsausbildung Freizeitaktivitäten
<a href="mailto:JoAnnKorb@aol.com">JoAnnKorb@aol.com</a>			
Freiwillige Feuerwehr Abteilung Korb	Jürgen Wollensak 07151/34562	Feuerwehrgerätehaus Sa 17-19.00 Uhr 14-tägig	Mädchen+Jungen Übungen, Unterricht
<a href="mailto:Kommandant@Feuerwehr-Korb.de">Kommandant@Feuerwehr-Korb.de</a>			
Freiwillige Feuerwehr Abteilung Kleinheppach	Helmut Benhelm 07151/610121	Feuerwehrgerätehaus Sa 19-21.00 Uhr Sommer: 18-20.00	Mädchen+Jungen Übungen, Unterricht Lehrgänge
<a href="mailto:abt.korb@feuerwehr-korb.de">abt.korb@feuerwehr-korb.de</a>			

Gymnastik-Tanzclub e.V. Gymnata Korb	Horst Schaber 07151/631123	Mehrzweckhalle Kleinheppach Fr 14.30-18.30 Uhr	Mädchen Rhythmische Sportgymnastik Jazz-Gymnastik Jazz-Ballett Jazz-Tanz
Handharmonikaclub Korb e.V.	Gotthilf Kugele 07151/305932	Keplerschule Di 20.00 Uhr Mi 20.00 Uhr	Mädchen+Jungen Juniorclub, Keyboard, Melodica, Akkordeon
<a href="mailto:staufen@akkordeonjugend.de">staufen@akkordeonjugend.de</a>			
Junge Union	Dr. Hartmut Franz 07151/31754	nicht regelmäßig	Mädchen+Jungen
<a href="mailto:info@ju-waiblingen.de">info@ju-waiblingen.de</a> <a href="mailto:hmfranz@t-online.de">hmfranz@t-online.de</a>			
Landeskirchl. Gemeinschaft Württ. Brüderbund e.V.	Dorothee Hauber 07151/36417  Wolfgang Barth 07151/33453	Gemeinschaftshaus Fr 19-22.00  Di 19-21.00	Mädchen+Jungen ab 16 Jahren Jugendkreis ab 13 Jahren Teen-Kreis
<a href="mailto:info@gemeinschaft-korb.de">info@gemeinschaft-korb.de</a> <a href="mailto:D.Hauber@t-online.de">D.Hauber@t-online.de</a> <a href="mailto:Barth-family@t-online.de">Barth-family@t-online.de</a>			
Musikverein Korb-Steinreinach e.V.	Katrin Pfeiffer 07191/912668	Keplerschule Fr 18-19.00 Uhr Fr 20-22.00 Uhr Individ. Termine	Mädchen+Jungen Jugendkapelle Stammkapelle Einzelunterricht Blasinstrumente und Schlagzeug Freizeitaktivitäten
<a href="http://www.mvkorb-steinreinach.de">www.mvkorb-steinreinach.de</a> <a href="mailto:info@mvkorb-steinreinach.de">info@mvkorb-steinreinach.de</a> <a href="mailto:Katrin71@gmx.net">Katrin71@gmx.net</a>			
SC Korb e.V.	Helmut Reile 07151/34611	verschiedene Hallen und Sportplätze	Mädchen+Jungen versch. Abteilungen
<a href="http://www.sckorb.de">www.sckorb.de</a> <a href="mailto:info@sckorb.de">info@sckorb.de</a> <a href="mailto:sebaschneider@gmx.de">sebaschneider@gmx.de</a>			
SC Korb Budo	Inga Minet 07151/35388  Christine Zarth 07151/30990	SC-Halle Di 15.45-17.30 Uhr Mi 16.15-17.45 Uhr Mi 18.30-20.00 Uhr  Urbanturnhalle Mo 17.00-19.00 Uhr	Mädchen+Jungen Aikido-Kids 10-14J. Aikido-Kids 10-14J. Fitness-Selbstvertei- digung ab 14 J. Fitness-Selbstvertei- digung ab 14J.
<a href="mailto:aikido@minet-online.de">aikido@minet-online.de</a> <a href="mailto:matzechristel@netscape.net">matzechristel@netscape.net</a>			
SC Korb Fechten	Wolfgang Hördt 0176/21176854	Remstalhalle Di 17.45-21.30 Uhr Mi 17.30-19.00 Uhr Mi 17.45-21.30 Uhr SC-Halle Fr 18.00-21.00 Uhr	Mädchen+Jungen alle Altersklassen für Anfänger
<a href="http://www.sckorb.de/fechten">www.sckorb.de/fechten</a> <a href="mailto:whoerdt@yahoo.de">whoerdt@yahoo.de</a>			
SC Korb Fußball	Steffen Böversen 07151/6042573	Remstalstadion Kunstrasenplatz im Sommer	Jungen Angebote ab 5 Jahre Bambini , F- bis A-

	Volker Schulte Jugendleiter	Trainingspläne siehe Internet/Vereinsheft	Jugend
<a href="http://www.sckorb.de/fussball">www.sckorb.de/fussball</a> <a href="mailto:steffen.boeversen@gmx.de">steffen.boeversen@gmx.de</a>			
SC Korb Handball	Jörg Mohnke 07151/32849	Remstalhalle Ballspielhalle Trainingspläne siehe Internet/ Vereinsheft	Mädchen+Jungen Angebote ab 4 Jahre Minis, E- bis A- Jugend
<a href="mailto:handball@sckorb.de">handball@sckorb.de</a> <a href="mailto:JoMohnke@t-online.de">JoMohnke@t-online.de</a>			
SC Korb Ringen	Geschäftsstelle 07151/60453-30	Urbanhalle Di+Do ab 17.45 Uhr  Mehrzweckhalle Kleinheppach Mo 17.30-19.00 Uhr	Mädchen+Jungen verschiedene Trainingsgruppen von Minis – Jugend 6-12 Jahre
<a href="mailto:Js_kiessling@t-online.de">Js_kiessling@t-online.de</a>			
SC Korb Schwimmen	Renate Täuber 07151/34128	Hallenbad Di 19.30-20.30 Uhr  Di 18.30-19.30 Uhr  Di 19.30-20.30 Uhr Fr 16.30-18.30 Uhr Fr 18.30-20.00 Uhr Sa 9.00-11.00 Uhr Sa 13.00-15.00 Uhr Verschiedene andere Angebote siehe Internetseite oder Vereinsheft	Mädchen+Jungen Breitensport 11-18 Jahre Leistungssport 9-15 Jahre 11-18 Jahre 8-13 Jahre 11-18 Jahre 11-18 Jahre 11-18 Jahre Verschiedene andere Angebote siehe Internetseite oder Vereinsheft
<a href="http://www.sck-schwimmen.de">www.sck-schwimmen.de</a> <a href="mailto:Fam.taeuber@gmx.de">Fam.taeuber@gmx.de</a>			
SC Korb Tischtennis	Frank Layer 07151/30960	SC Halle Do 17.30-19.00 Uhr  Mehrzweckhalle Kleinheppach Mi 17.30-19.00 Uhr	Jungen Jugendtraining U15, U18 Mannschaft Jugend
<a href="mailto:Fc.layer@freenet.de">Fc.layer@freenet.de</a>			
SC Korb Turnen	Sylvia Branz 07151/36538	SC Halle Remstalhalle Urbanturnhalle Verschiedene Trainingszeiten siehe Internet/Vereinsheft	Mädchen+Jungen Jugend, Wettkampf- turnen, Jazztanz, Hip-Hop, Fitness
<a href="http://www.sckorb.de">www.sckorb.de</a>			
SC Korb Volleyball	Pascal Märkl 07151/302599	Ballspielhalle Fr 16.30-20.30 Uhr	Mädchen+Jungen Training von Minis, F- bis B-Jugend
<a href="mailto:pascal@maerkl-wn.de">pascal@maerkl-wn.de</a>			
Schachklub Korb 1948	Jörg Lohse 07151/29885	Feuerwehrgerätehaus Fr 18-19.30 Uhr	Mädchen+Jungen Jugendtraining Jugendturnier und Freizeit
<a href="http://www.schachvereine.de/sk-Korb">www.schachvereine.de/sk-Korb</a> <a href="mailto:Schachklub-Korb-1948@web.de">Schachklub-Korb-1948@web.de</a>			

[Jörg.lohse@hertz-kompressoren.de](mailto:Jörg.lohse@hertz-kompressoren.de)

Schützengilde Korb-Steinreinach e.V.	Marcus Frech 07151/32822	Schützenhaus Di 19.30 Uhr Fr 20-22.00 Uhr So 10-12.00 Uhr	Mädchen+Jungen Training Wettkämpfe
--------------------------------------	-----------------------------	--------------------------------------------------------------------	------------------------------------------

[www.sq-korb.de](http://www.sq-korb.de)  
[info@sq-korb.de](mailto:info@sq-korb.de)

Ski-Zunft Korb e.V.	Klaus Hofmann 07151/33920	Urbansschule Fr 20.00 Uhr	Mädchen+Jungen Skigymnastik Skiausfahrten alpin und Snowboard Freizeiten
---------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

[www.ski-zunft-korb.de](http://www.ski-zunft-korb.de)  
[mail@ski-zunft-korb.de](mailto:mail@ski-zunft-korb.de)

Tauch Club Korb e.V.	Siegfried Gammay	Hallenbad Korb Do 21.00 Uhr	Mädchen+Jungen Jugendarbeit
----------------------	------------------	--------------------------------	--------------------------------

[www.tauchclub-korb.de](http://www.tauchclub-korb.de)  
[info@tauchclub-korb.de](mailto:info@tauchclub-korb.de)

Tennisclub Korb e.V.	Roland Haun 07151/30876 Wennemar Heim 07151/600797	Tennisplatz Brucknerstraße von April-Oktober	Mädchen+Jungen Jugendmannschaft individuel.Training Tenniscamp Clubmeisterschaften
----------------------	-------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------

[www.tennisclub-korb.de](http://www.tennisclub-korb.de)  
[HnRoland@aol.com](mailto:HnRoland@aol.com)  
[Wennemar.heim@tennisclub-korb.de](mailto:Wennemar.heim@tennisclub-korb.de)

Volleyball-Club Kleinheppach e.V.	Jürgen Frank 07151/64033	Mehrzweckhalle Kleinheppach Di 20.00 Uhr	Mädchen+Jungen Training, Turniere
--------------------------------------	-----------------------------	------------------------------------------------	--------------------------------------

[Atelier.frank@t-online.de](mailto:Atelier.frank@t-online.de)

## Kirchen

Ev. Freikirchliche Gemeinde	Vera Paetzold 07151/67200	Weinstadt-Endersbach Gemeindehaus So 20.00 Uhr  Sa 18.00 Uhr 14-tägig	Mädchen+Jungen  Checkpoint ab 14 Jahren „Eat & more“ ab 11 Jahren
-----------------------------	------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------

[Vera.P@t-online.de](mailto:Vera.P@t-online.de)

Ev. Methodistische Kirche	Pastor Jörg-Peter Brandt 07151/18365	Neue Kirche Alter Berg 20	Mädchen+Jungen Teeniekreis, Jungschar
---------------------------	-----------------------------------------	------------------------------	------------------------------------------

[Jörg-peter.Brandt@emk.de](mailto:Jörg-peter.Brandt@emk.de)

Ev. Kirchengemeinde	Pfarrer Matthias Schmidt 07151/31366	Gemeindehaus im Schaltenberg Mi 19.30-21.00 Uhr  So 18-21.00 Uhr 1.Sonntag im Monat	Mädchen+Jungen  Jugendgruppe ab 14 Jahre „Sunday point“ ab 14 Jahre
---------------------	-----------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

[www.evkirche-korb.de](http://www.evkirche-korb.de)  
[ev.Kirchengemeinde.korb@arcor.de](mailto:ev.Kirchengemeinde.korb@arcor.de)  
[m.und.b.schmidt@freenet.de](mailto:m.und.b.schmidt@freenet.de)

Katholische Kirchengemeinde	Hans-Peter Brucker 07151/939900	Kath.Gemeindehaus Do 15.30-17.00 Uhr	Mädchen Mädchengruppe 9-12 Jahre
-----------------------------	------------------------------------	-----------------------------------------	----------------------------------------

[HAP.Brucker@web.de](mailto:HAP.Brucker@web.de)

Neuapostolische Kirchengemeinde	Heinrich Niess 07151/32266 Frau Friedrich 07151/937940	Kirche in der Neustädter Str. 37 Mo 20.00 Uhr Jeden 3. im Monat	Mädchen+Jungen Jugendzusammen- kunft
---------------------------------	-----------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------

[Friedrich.korb@t-online.de](mailto:Friedrich.korb@t-online.de)

## Jugendtreff

Jugendtreff	Ingrid Poweleit 07151/305247	Juze Korb Mo 17-21.00 Uhr Di+Mi 19-22.00 Uhr	Mädchen+Jungen Jugendtreff
-------------	---------------------------------	----------------------------------------------------	-------------------------------

[juzekorb@gmx.de](mailto:juzekorb@gmx.de)

Förderverein Jugendtreff Korb e.V.	Eberhard Renschler 07151/32735	Juze Korb	Unterstützung der offenen Jugendarbeit
---------------------------------------	-----------------------------------	-----------	-------------------------------------------

[e.renschler@onlineHome.de](mailto:e.renschler@onlineHome.de)

## Schulen

Musik- und Kunstschule	Dr. Hubert Vistorin 07151/15611	Keplerschule Urbanschule	Mädchen+Jungen Unterricht in Musik, Tanz, Ensembles, Service rund um die Musik
------------------------	------------------------------------	-----------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------

[www.musikschule-unteres-remstal.de](http://www.musikschule-unteres-remstal.de)

[info@musikschule-unteres-remstal.de](mailto:info@musikschule-unteres-remstal.de)

## Ehrenamt

Treff Kreativ	Herr und Frau Ruf 07151/33066	Keplerschule  Di 17.30-19.00 Uhr Di 17.30-19.00 Uhr Fr 14.30-17.00 Uhr Do 16.30-18.00 Uhr	Mädchen+Jungen  1 Metallgruppe 14-tägig 2 Holzgruppen 14-tägig 2 Kochgruppen 14-tägig 1 Handarbeitsgruppe 14-t.
---------------	----------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Azubipatenschaften	Frau Ruf 07151/33066	Keplerschule individuell	Mädchen+Jungen Übergang Schule/Beruf
--------------------	-------------------------	-----------------------------	-----------------------------------------

## Selbständige

Active Garden Korb	Frau Marschner 07151/37032	Active Garden beinahe jeden Tag nach Absprache nach tel. Anmeldung	Mädchen+Jungen Klettern und Fitness Ferienprogramm betreute Gruppen
--------------------	-------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------

[info@active-garden.com](mailto:info@active-garden.com)



## 6.2 Protokoll des Treffens mit den Jugendsprechern am 21. September 2006 in der Alten Kelter

Beginn: 19.00 Uhr

Ende: 22.15 Uhr

Anwesende: siehe Teilnehmerliste ( Liste hat die Gemeindeverwaltung )

1. Begrüßung durch Herrn Zwanziger  
Erläuterungen zum Projekt Jugendarbeitsleasing  
und dem Zustandekommen des Projektes in Korb  
Kurze persönliche Vorstellung
2. Frau Regina Eckert stellt sich kurz vor  
Vereinsvorsitzende der Vereine in Korb  
Moderiert eine Kleingruppe während des Abends
3. Margit Meißner stellt sich vor, moderiert den Abend  
und eine Kleingruppe  
Leasingziele/Aufgabe in Korb erläutern  
(Bestands- und Bedarfsanalyse)  
Teilnehmerfunktion erklären  
Ziel des Abends erläutern und Vorgehensweise

Einteilung der Anwesenden in drei Arbeitsgruppen:

### **1.Thema: Wie könnte man Korb für Jugendliche, ihrer Meinung nach, noch attraktiver machen?**

#### Ergebnisse:

neues Freibad, großes Jugendhaus für alle Jugendlichen in Korb, mehr Sportanlagen (größere Hallenkapazität), größeres Hallenbad, mehr Läden, Konzerte, im Juze einen Tanzraum mit Spiegel, Beachvolleyballfeld (z.B. im Freibad), jugendfreundliche Bürger, Akzeptanz, Bandproberaum, Angebote publik machen, Abenteuerwoche, Jugendhaus ins Zentrum verlagern, Disco, mehr Musikveranstaltungen, mehr Geld z.B. durch Veranstaltungen, öffentlichen Kunstrasenplatz, bessere Busverbindung nach Kleinheppach abends, attraktiveres Straßenfest für Jüngere, extra Raum für Nichtraucher im Juze, Cafe oder Kneipe im Ortskern (Räumlichkeit: Seniorentreff, selbstorganisiert, mit Begleitung durch Vereine), Mitspracherecht im Gemeinderat, tägl. und verlängerte Öffnungszeiten im Juze, Treffpunkt im Freien (ohne Ärger mit der Polizei), Garten und Terrasse am Jugendhaus, mehr Unterstützung von Gemeinderat und Bürgermeister, Basketballplatz am Juze, Jugendliche fragen!, Bushaltestelle vor dem Active Garden, Sicherheitstraining, einen Veranstaltungsraum für Jugendliche, Jugendbegegnungsstätte (buchbar).

## **2. Thema: Wie kann der Informationsaustausch zwischen den einzelnen Anbietern optimiert werden?**

### Ergebnisse:

Regelmäßige Treffen der verschiedenen Anbieter, bestehenden Beirat für den Jugendtreff verändern/öffnen (2x)  
(alle Anbieter sollten dabei sein),  
einen Beirat Jugendarbeit mit Mitspracherecht im Gemeinderat,  
Fachkraft zur Koordinierung aller Jugendgruppen (angesiedelt bei der Gemeinde),  
eine hauptamtliche Koordination (angesiedelt bei der Gemeinde),  
Veranstaltungskalender auf der Internetseite Korb für Jugendliche,  
Sprachrohr für Jugendliche (z.B. Internetseite),  
Veranstaltungsangebote für Jugendliche über die Internetseite Korb veröffentlichen,  
eine Seite für Jugendliche im Mittelungsblatt,  
regelmäßiges Forum für Jugendliche (z.B. Jugendforum),  
AG an der Keplerschule von Jugendlichen für Jugendliche,  
Cafe oder Kneipe

## **3. Thema: Ideen für gemeinsame Angebote/Projekte für Jugendliche zur Zusammenarbeit**

### Ergebnisse:

Kooperation Schule-Verein (z.B. Active Garden-SC Korb-Schule),  
Jugendbegegnungsstätte zusätzlich zum Jugendtreff  
(Ort für Senioren-Jugend-Verein),  
Offene Jugendarbeit erweitern, mehr ehrenamtliche Mitarbeiter,  
gemeinsame Disco (z.B. SC-Halle, Remstalhalle),  
großer Jugendtreff, mehr Räume,  
Infostand im Jugendtreff über Aktivitäten in den Vereinen,  
Jugendcafe (1. So im Monat 18-21 Uhr) Schaltenberg ausbauen,  
wechselnde Orte, z.B. im Jugendtreff,  
Seniorenzentrum Projekt Jugend für Senioren,  
Jugendseite,  
Übergang Schule-Beruf,  
Ferienprogramm ausbauen (z.B. Wasserboard fahren, Zeltlager),  
einen 2. Treffpunkt/Platz für die Jugend,  
Azubi-Platz dringend ausbauen,  
für Jugendfeuerwehr mehr Werbung machen,  
Platzproblem im Jugendtreff

Anschließende Zusammenfassung der Ergebnisse und Diskussion.

Adressen und Kontakte wurden festgehalten, siehe Teilnehmerliste.

Ausblick auf die nächsten Schritte während des Projektes:

1. Fragebogenaktion an den Schulen
2. Beiratstreffen am 12.10.06, Diskussion über eine Veränderung des Beirats
3. Jugendforum im November 2006
4. Protokoll an alle Teilnehmer mit Adressenliste

## 5 Minuten für Dich - 14 Antworten für uns

...für eine bessere Jugendarbeit in der Gemeinde Korb

### 1. Wo verbringst Du Deine Freizeit?

(Mehrfachnennung möglich)

- ☐ Außerhalb Deines Wohnortes
- ☐ Innerhalb Deines Wohnortes
- ☐ Privat
- ☐ im Verein
- ☐ auf der Straße/in der Natur
- ☐ in Kneipen
- ☐ sonstiges: \_\_\_\_\_

### 2. Was machst Du in Deiner Freizeit?

(Mehrfachnennung möglich)

- ☐ Fernsehen/DVD/Video
- ☐ Musik hören/mache selbst Musik
- ☐ lesen
- ☐ tanzen/Disco/Party
- ☐ Sport
- ☐ Freunde treffen
- ☐ herumfahren (Fahrrad/Mofa)
- ☐ Internet, PC-Spiele, Play-Station, ...
- ☐ Spiele (Billard, Tischfußball, Flipper, Spielautomaten, ...)
- ☐ politisches Engagement
- ☐ ich mache nichts
- ☐ sonstiges: \_\_\_\_\_

### 3. Bist Du in einem Verein/Jugendgruppe?

- ☐ ja ☐ nein

### 4. Was machst Du im Verein? (Mehrfachnennung möglich)

- ☐ ich nutze nur das dortige Angebot  
☐ ich bin auch in der Vereinsarbeit tätig, und zwar als:

\_\_\_\_\_

### 5. Wenn "Nein", warum bist Du nicht im Verein/in einer Jugendgruppe? (Mehrfachnennung möglich)

- ☐ keine Zeit
- ☐ keine Lust
- ☐ zu teuer
- ☐ man muß regelmäßig hingehen, das mag ich nicht
- ☐ man kann zu wenig selbst entscheiden
- ☐ sonstiges: \_\_\_\_\_

### 6. Gehst Du in den Jugendtreff?

- ☐ ja ☐ nein

wenn nein, warum nicht? ☐ Lage  
☐ Räumlichkeiten  
☐ Angebot

sonstiges: \_\_\_\_\_

**7. Welche Wünsche hast Du an einen Jugendtreff?**

(Mehrfachnennung möglich)

- ☐ Gebäude mit Möglichkeiten und Räumen
- ☐ Ort, wo man sich einfach treffen und aufhalten kann
- ☐ gezielte Angebote (Mädchentreff, Jungentreff,...)
- ☐ gelegentliche Veranstaltungen (Partys,...)
- ☐ genügend Betreuung/Personal
- ☐ Mitspracherecht und Mitverantwortlichkeit
- ☐ Angebot auf die Woche beschränken (Mo-Fr)
- ☐ Angebot während der Woche und am Wochenende
- ☐ sonstiges: \_\_\_\_\_

**8. Welchen Raum/Standort würdest Du für einen Jugendtreff vorschlagen?**

- ☐ etwas außerhalb des Ortskerns
- ☐ innerhalb des Orts
- ☐ fester Raum/Gebäude
- ☐ Bauwagen
- ☐ sonstiges: \_\_\_\_\_

**9. Gibt es in der Gemeinde Korb ein ausreichendes Jugendangebot?**

- ☐ ja ☐ nein

**10. Wenn nein, was fehlt Deiner Meinung nach?**

(Mehrfachnennung möglich)

- ☐ ein öffentlicher Treffpunkt
- ☐ Jugendcafe (offenes Jugendangebot)
- ☐ mehr Vereinsangebote
- ☐ mehr Angebote für Jugendliche bei Straßen-/Vereinsfesten
- ☐ mehr Events (Konzerte, Partys, Theater,...)
- ☐ ausreichende öffentliche Verkehrsmittel  
von \_\_\_\_\_ nach \_\_\_\_\_
- ☐ sonstiges: \_\_\_\_\_

**11. An welchen Tagen sollte "etwas geboten werden"?**

(Mehrfachnennung möglich)

- ☐ Mo ☐ Di ☐ Mi ☐ Do ☐ Fr ☐ Sa ☐ So ☐ Ferien auch
- ☐ nachmittags ☐ abends ☐ nachmittags und abends
- ☐ eigentlich egal

**12. Kannst Du Dir vorstellen, selbst aktiv bei Angeboten für Jugendliche mitzuarbeiten?**

- ☐ ja ☐ nein

.....wenn ja, wie? ☐ Mithilfe im Jugendtreff oder Jugendcafe

- ☐ eigene Arbeitskraft
- ☐ Zeit und Ideen mitbringen
- ☐ Projekte/Veranstaltungen mitorganisieren
- ☐ Verantwortung übernehmen
- ☐ sonstiges: \_\_\_\_\_

.....Handy/e-mail-Kontakt: \_\_\_\_\_  
(wenn Du aktiv sein möchtest)

**13. Die letzten Fragen zu Dir persönlich:**

Du bist ☐ weiblich ☐ männlich, und \_\_\_\_\_ Jahre alt  
Deine Nationalität ist \_\_\_\_\_

Du gehst in folgende Schule \_\_\_\_\_  
Du wohnst in \_\_\_\_\_

#### 14. Du findest die Gemeinde Korb für Jugendliche

( ) ok

( ) nicht ok?

#### Das war`s!

Vielen Dank für`s Ausfüllen. Vielleicht habt Ihr weitere Tipps, Wünsche und Fragen, dann meödet Euch über folgende e-mail-Adresse: [margit.meissner@jugendarbeit-rm.de](mailto:margit.meissner@jugendarbeit-rm.de) bzw. schreibt an die Gemeindeverwaltung Korb "Projekt Jugendarbeitsleasing", z. Hd. Herrn Zwanziger.

Im November 2006 wollen wir ein Jugendforum veranstalten, wo wir Euch jetzt schon alle zum Mitmachen einladen. Bis dann!

## 6.4 Interviews

### 1. Interview mit drei Jugendlichen

Datum: 05. September 2006

Ort: am Seeplatz in Korb

Uhrzeit: 12.30 Uhr bis 14.00 Uhr

Mit Dominic, 15 Jahre	Salier-Realschule
Tamara, 15 Jahre	Salier-Gymnasium
Timo 16 Jahre	Auszubildender

Alle drei wohnen in Korb.

Dominic ist im DLRG engagiert und im Schützenverein, die anderen sind in keinem Verein.

Sie treffen sich privat, um zu quatschen, rumzugammeln. Außer im Verein kann man nichts machen in Korb.

Es gibt nichts in Korb für Jugendliche.

Juze finden sie nicht gut. Das müßte anders organisiert sein.

Mehr Aufpasser und Konrolle wegen den Cliquen, manche sind übel drauf. Da hängen nur bestimmte Leute rum, die wo auch am Seeplatz sind.

Mit denen gibt es Streß, die machen einen blöd an, verprügeln Leute. Alleine sind sie in Ordnung, aber in der Gruppe ganz übel.

So ca. 15-20 Leute sind das am Seeplatz immer (der harte Kern), manche kommen auch von der Korber Höhe und aus Waiblingen. Sie sind so zwischen 14 und 20 Jahre alt.

Das finden viele Jugendliche in Korb. Denen müßte man mal alle eine verpassen, weil man sich nicht mehr abends alleine an den Seeplatz traut.

Ingrid ist gut, finden sie klasse aber alleine kann sie da auch nichts machen.

Sind mehr in anderen Gemeinden unterwegs, da wo sie Leute kennen. In Korb kann man unter der Woche und am Wochenende nichts unternehmen, außer man ist in einem Verein.

Busverbindung nach Waiblingen ist gut, der letzte Bus fährt nachts um 1.00 Uhr nach Korb zurück. Aber Kleinheppach ist übel, da fährt der letzte Bus von Korb um 20.00 Uhr abends zurück. Klar, man kann auch laufen, es ist nicht so weit, aber das ist nicht so angenehm, man weiß nie, wer einem begegnet, vor allem als Mädchen.

Wünsche gibt es viele, Partys wären toll, ein Internetcafe mit Jugendcafe, Billard oder Disco. Timo sagt ein Jugendtreff würde reichen, wenn der anders organisiert wäre und wo man mehr anbieten kann. Er war lange in Stuttgart im Jugendhaus, da ist alles viel besser organisiert, da gibt es Aufpasser. Da gibt es Hausverbot für die, die schlägern oder zuviel trinken und randalieren. Da kann jeder hingehen. So etwas wäre gut.

Timo hat die Idee von einer eigenen Jugendzeitschrift für und von Jugendlichen.

Eine Frau am Nachbartisch hat das Gespräch mitgehört und wirft einen anderen Vorschlag in die Runde. Wie wäre es mit einer Seite im Mitteilungsblatt, die Jugendlichen müssten halt ein Konzept haben, was sie damit erreichen wollen, dann würden sie bestimmt Sponsoren unter den Selbständigen in Korb finden, die so eine Seite mitfinanzieren würden. Das Mitteilungsblatt ist kostenlos und wird an jeden Haushalt in Korb verteilt. Dann erreicht es auch alle Jugendlichen.

Dominic findet die Idee klasse. Er möchte sich gleich um viele Dinge deshalb kümmern. Jemanden vom Rathaus darauf ansprechen, wie man so eine Seite gestalten kann, viele Jugendliche ansprechen, ob sie Lust auf so was haben, einige Selbständige ansprechen. Er meldet sich wieder bei mir, wenn er mehr weiß.

Was sie brauchen ist aber ein Raum, wo sie sich regelmäßig treffen könnten. Am Anfang können sie sich noch bei ihm zuhause treffen, wenn es aber dann mehr Leute werden... Was ist mit den alten Räumen der SC Halle, seit der SC neue Büroräume hat? Ich kann Sebastian Schneider ansprechen.

Hab sie über den Ablauf eines Jugendforums informiert. Alle drei sind bereit an einem Jugendforum mitzumachen, wenn so was kommt. Wir treffen uns wieder, wenn Dominic mehr weiß. Er meldet sich dann bei mir.

## **2. Interview mit 2 Jugendlichen am 13.11.09**

Treff am Seeplatz mit Dorina, 15 Jahre und Eleonora, 15 Jahre. Beide wohnen in Korb und gehen auf die Salier-Realschule.

In ihrer Freizeit treffen sie am liebsten ihre Freunde, hören Musik. Dorina läuft sehr viel Inliner.

Eleonora hält sich öfters am Seeplatz auf oder geht nach Waiblingen. Dorina hält sich wenig in Korb auf.

Beide sagen, dass es in Korb nichts gibt für Jugendliche, weder unter der Woche, noch am Wochenende. Die meisten Jugendlichen halten sich nicht in Korb auf, deshalb sieht man auch fast keine rumlaufen. Entweder sind sie zuhause oder gehen nach Waiblingen oder dahin, wo sie Leute kennen. So machen die beiden es auch.

Dorina ist in der Skizunft, fährt Ski über die Winterzeit. Eleonora ist in keinem Verein, möchte sie auch nicht.

Auch die Angebote der Kirchen spricht sie nicht an, das ist nur was für die Kleineren, wenn überhaupt. Als Jugendlicher in Korb weiß man nicht, wo man hingehen soll.

Den Jugendtreff kennen beide. Eleonora geht ab und zu hin, sie kennt dort einige. Die sind auch oft am Seeplatz und sie ja auch. Dorina geht nicht hin, die Leute sind nicht so wie sie, sie hört Metall und das sind eher andere. Das macht an sich nichts, aber das Juze ist zu klein für viele verschiedene Leute. Und von ihren Leuten ist da auch niemand.

Eleonora wünscht sich wieder längere Öffnungszeiten im Juze, so wie früher und vor allem einen anderen Jugendtreff. Das Juze ist viel zu abgelegen, es sollte mitten im Zentrum von Korb sein, am besten am Seeplatz. Und es sollte schöner sein, das jetzige ist nicht schön. Viele gehen deswegen nicht hin und auch weil es so abgelegen ist, man will nicht einfach hinlaufen und dann ist da womöglich niemand. Deswegen sind auch manchmal nicht viele da, weil bevor sie dann umsonst hingelaufen ist, bleibt sie lieber zuhause oder macht was anderes. Sie hätte auch gerne mehr Parties und eine Disco.

Dorina wünscht sich vor allem einen anderen Straßenbelag für Korb. Sie kann fast nirgends inlinern, da überall Pflastersteine. Schon deshalb hält sie sich kaum in Korb auf. Nur beim EDEKA geht's.

Wenn die Erwachsenen motzen, weil sich die Jugendlichen an öffentlichen Plätzen aufhalten, dann sollen sie uns die Möglichkeiten bieten, wo wir hin können, sagt Dorina. Sie hätte auch gerne einen Jugendtreff im Ortskern. Es sollte vor allem einen Mädchentreff geben oder Beratung speziell für Mädchen, wo nur Mädchenthemen wichtig sind. Das fehlt voll. Oder Lesenächte von und für Mädchen. Oder Themenabende im Juze. Wo verschiedene Musikrichtungen beachtet werden. Und mehr Parties wären toll. Es sollte auch Betreuung und Regeln geben, das findet sie zwar scheiße, aber Regeln braucht man trotzdem, sagt sie.

Die Gemeinde könnte auch Zeltlager im Sommer oder Jugendreisen veranstalten, das wäre doch mal was. Oder einen Parcour auf dem Seeplatz aufbauen. Es gibt zwar viele Vereine, aber Reiten kann man nicht, das fehlt auch.

Die Busverbindungen sollten verbessert werden. Vor allem am Wochenende von Korb nach Waiblingen. Die Busse sollten so wie die S-Bahnen fahren.

Sie wünscht sich mehr Mitspracherecht als Jugendliche und kann sich vorstellen, mitzuorganisieren. Hab sie darauf aufmerksam gemacht, dass bei einem anderen Interview die Idee entstanden ist, im Mittelungsblatt eine Seite von und für Jugendliche einzurichten. Das fand sie auch eine gute Idee, vielleicht auch nur eine einzelne Seite als Flyer, die man dann halt selbst verteilen müsste. Sie kennt Dominik von der Schule und auch so vom sehen. Sie ist aber zu schüchtern, um Dominik daraufhin anzusprechen, deshalb soll ich ihn anrufen und ihm sagen, dass Dorina Interesse daran hat, mitzumachen. Dann kann er sie ansprechen.

### **3. Interview mit Jugendlichen im Juze am 11. 09.06**

Interview mit 11 Jugendlichen im Alter von 15 bis 18 Jahren

Dauer: 2 Stunden    20.00 Uhr bis 22.00 Uhr

Gespräch verläuft zuerst sehr zaghaft, die Jugendlichen wissen nicht, wie sie das Projekt von mir einschätzen sollen. Sie sagen, dass sie schon mehrmals befragt worden sind, ihre Belange und Wünsche aber noch nie ernst genommen wurden und auch noch nie etwas passiert ist.

Bis auf einen (macht eine Ausbildung) sind alle noch in der Schule. Zehn wohnen in Korb und einer in Kleinheppach. Der wird von jemand nach Hause gefahren, da es keine Busverbindung nach 20.00 Uhr abends von Korb nach Kleinheppach gibt.

Unternehmen kann man in Korb als Jugendlicher unter der Woche und am Wochenende nicht viel. Alle sind in Vereinen aktiv, die meisten beim SC-Korb, Fußball. Training ist 2-3x pro Woche, sonst gibt es keine Freizeitmöglichkeiten in Korb für Jugendliche. Sie treffen sich regelmäßig am Seeplatz oder vor dem HL-Markt und wenn das Juze offen hat dort.

Überall werden sie nicht gern gesehen. An einem Abend fährt nicht selten drei mal die Polizei vorbei, macht Ausweiskontrollen und gibt ihre Namen weiter. Wenn nur drei von ihnen dasitzen ist es kein Problem aber sobald sich mehrere treffen, gibt es regelmäßig Ärger und Beschwerden.

Früher war's besser. Da hatte das Juze viel länger und öfter offen, da haben sie sich viel weniger an öffentlichen Plätzen aufgehalten. Aber jetzt haben sie keine anderen Möglichkeiten mehr, da nur noch 3x pro Woche für 3 Stunden offen ist. Wo sollen sie denn hin?

Alle sind sich einig, dass es wieder so werden soll wie früher. Da gab's mehr Programm vom Juze aus, mal Klettern gehen, Ausflug machen, andere Jugendliche sind eingeladen worden, um das Juze kennenzulernen, einen Mädchennachmittag, etc. Sie finden aber die Räume zu klein und das Juze insgesamt. Die Lage finden sie ganz gut, nicht so nah am Wohngebiet, weil es sonst gleich wieder Ärger gibt wegen Lärm.

Sie haben kein Problem mit anderen Jugendlichen oder Cliquen, nur in dem Juze ist es einfach zu klein, damit sich alle darin aufhalten können. Und die anderen wollen zum Teil wahrscheinlich auch nicht zusammen mit ihnen abhängen, deswegen kommen so auch keine anderen Jugendlichen mehr ins Juze. Und es sieht einfach auch übel aus, vergammelt, viele Sachen sind kaputt, die Eingangstüre, die Fenster,...sie wollen schon alles gerne schöner haben und tun einiges (die Wände streichen sie gerade weiß), aber alles geht auch nicht. Sie fühlen sich verarscht, weil die Gemeinde nichts tut am Juze, der Basketballplatz wird jetzt doch auch nicht gemacht.

Sie können sich vorstellen noch eine Wohnung im Asylbewohnerheim dazunehmen als Juze, dann wäre viel mehr Platz. Entweder eine Wohnung darüber oder die daneben. Da müsste man halt einen Durchbruch machen. Oder in ein anderes Gebäude umziehen, aber wo? Es wäre cool, wenn es einen Fitnessraum geben würde. Super wäre auch ein Spiegelraum, ein Internetraum mit vielen PC's. Und ein extra Raucherzimmer, damit nicht alles verqualmt ist. Und Billard und Kicker, und alles so groß, dass alle Jugendlichen von Korb hingehen können, egal welche Clique. Da kann man dann friedlich nebeneinander sein und sich trotzdem respektieren. Sonst haben sie keine Wünsche, nur ein schönes, großes Jugendhaus.

Hab sie auf Fragebogenaktion in der Schule und auf das Jugendforum hingewiesen. Einige zeigen wirklich Interesse und können sich vorstellen, auch bei den Vorbereitungstreffen dabei zu sein und mitzumachen. Die Vorbereitungstreffen könnten doch im Juze stattfinden, dann wollen sie aber erst alles ein bisschen schöner machen, wenn dann auch andere Jugendliche kommen. Und das Jugendforum selbst dann vielleicht in der alten SC-Halle.



#### **4. Interview mit drei Jugendlichen in Kleinheppach**

Julian, Marius und Manuel, zwischen 15 und 16 Jahre alt, alle wohnen in Kleinheppach.

Dauer des Gesprächs ca. 1 Stunde.

Zwei gehen auf die Keplerschule in Korb und einer auf die Salier-Realschule.

Ich erkläre meinen Auftrag und lasse ihnen Gelegenheit, mich alles zu fragen, was sie interessiert. Sie sind sehr zurückhaltend am Anfang und erzählen nur sehr spärlich, es fällt ihnen nicht leicht und sie sind erstaunt, dass ihnen jemand solche Fragen stellt. Das können sie nicht wirklich einschätzen, ob ich es ernst meine oder nur mal so kurz was wissen möchte und dann wieder verschwinde.

Mit der Zeit tauen sie auf und erzählen, was sie in Kleinheppach so in ihrer Freizeit machen. Das ist nichts, was andere Jugendliche nicht auch machen, nur haben sie vor allem in den Sommermonaten auch Lust, sich draußen aufzuhalten. Da es in Kleinheppach nichts gibt, verbringen sie ihre Zeit an unterschiedlich wechselnden Plätzen. Vor allem vor dem Rathaus und am Sportplatz sind sie, was aber wohl oft Ärger mit sich bringt. Sie haben viele Kontakte mit dem Ortsvorsteher, Herrn Liebhardt. Es gibt oft Auseinandersetzungen mit ihm, sie fühlen sich von ihm provoziert und beobachtet. Sie ärgern ihn dann auch, meist haben sie Langeweile, deshalb. Sie wissen nicht, wo sie sonst hinsollen, nach Korb wollen sie gar nicht, eigentlich wollen sie in Kleinheppach sein. Es wäre gut, wenn es für sie einen Treff gäbe, vielleicht in der Gemeindehalle? Oder ein bisschen außerhalb?

Es ärgert sie und es gibt öfters Stress unter den Jugendlichen, weil öfters Jugendliche von außerhalb nach Kleinheppach kommen und Stress machen. Manche haben keine Probleme mit ihnen, manche aber schon.

Es gibt keine Läden außer einem Bäcker, das finden sie blöd, da sollte es wenigstens einen Imbiss geben.

Und mehr Freizeitangebote sollte es geben, z.B. eine Skateranlage, Parties und eine Disco, das wäre super.

**Arbeitsgruppe Freizeitangebote/Events/Parties/Disco**

**1. Korb allgemein**

Was gefällt dir in Korb ?

- NICHTS

Was gibt es Besonderes in Korb?

- Internetcafe
- Sportplätze

Was ist in Korb weniger gut?

- man kann nicht viel machen
- keine Flutlichter auf den öffentl. Fußballfeldern
- kein Kunstrasen, wo man drauf spielen kann

**2. Treffpunkte in Korb**

Wo kann man sich in Korb mit anderen Jugendlichen treffen?

- Seeplatz
- HL
- Fußballplatz
- Döner
- Grazia

Welche Treffpunkte für Jugendliche sind gut, welche sind schlecht und warum?

- Fußballplatz
- Juze zu klein
- Döner
  - Seeplatz:Polizei
  - Internetcafe

**3. Angebote**

Was sollte für Jugendliche in Korb geboten werden?

- Flutlichter auf den Fußballplätzen
- Bars mit Newcomerbands (HipHop, Metal)
- Parties, Bars, Disco

Was gibt es und was fehlt?

- HL
- Flutlichter fehlen am Tartanplatz
- Bolzplatz erneuern
- mehr Möglichkeiten zum Tanzen
- Shows, Events (Battles)

Wer könnte/sollte die Angebote veranstalten?

- Juze

- Werbung machen (Internet, Zeitung, Plakate)
- im Juze übernachten, DVD-Abende

Wo könnten /sollten die Angebote stattfinden?

- extra Gebäude
- Sporthallen
- Hallen oder Räume, die vermietet werden

#### 4. Engagement – könnt Ihr Euch vorstellen, Angebote mitzuorganisieren?

Ja: XXX

Nein:

#### Wer aus der Gruppe könnte sich vorstellen nach dem Jugendforum weiterhin aktiv mitzumachen?

- |             |         |
|-------------|---------|
| - Francesco | Dominik |
| - Andy H.   | Melike  |
| - Fatma     | Siyer   |
| - Alex F.   | Merve   |

#### *Jugendforum - Korb 2006*

Arbeitsgruppe Busverkehr/Nahverkehr

#### 1. Korb allgemein

Was gefällt dir in Korb ?

- viele Vereine
- Seeplatz
- Straßenfeste

Was gibt es Besonderes in Korb?

- NICHTS

Was ist in Korb weniger gut?

- Juze
- Freizeitangebote außer Sport, Freibad
- so ziemlich alles für Jugendliche

#### 2. Treffpunkte in Korb

Wo kann man sich in Korb mit anderen Jugendlichen treffen?

- Seeplatz
- Juze
- HL
- alte Kelter

Welche Treffpunkte für Jugendliche sind gut, welche sind schlecht und warum?

- Juze (zu klein)
- Seeplatz (im Winter kalt und Anwohner beschwerten sich)

### 3. Bus oder Ruftaxi?

Wo kommt man von Korb aus gut mit dem Bus hin?

- bis 20.00 Uhr nach Waiblingen, Korb, Endersbach

Welche Busverbindungen fehlen?

- 209 nach 20.00 Uhr
- NACHTBUSSE

Gibt es die Möglichkeit eines Ruftaxis?

- Ja, keiner weiß, wie es funktioniert.
- Mehr Informationen!!!

### 4. Wann sollte der Bus/ das Ruftaxi fahren?

An welchen Tagen/ auch am Wochenende?

- Ja, vor allem am Wochenende

Nachmittags, abends, beides?

- Beides und nachts

Wie oft/ in welchen Abständen?

- Tagsüber alle 15 Minuten
- Nachts jede Stunde bis mind. 3 oder 4 Uhr

### 5. Fahrtroute

Welche Ortsteile/Haltestellen sollte der Bus auf jeden Fall anfahren?

- Kleinheppach      - Steinreinach

Welche sind nicht so wichtig?

- ab Kleinheppach nicht mehr wichtig

### 6. Preise

Wie teuer darf der Bus sein?

- Preise sind ok

Wie teuer darf das Ruftaxi höchstens sein, damit ihr es nutzen würdet?

- Weniger als 5 Euro

### Wer aus der Gruppe könnte sich vorstellen nach dem Jugendforum weiterhin aktiv mitzumachen?

- Mirella Patzelt
- Hüseyin Ugurlu
- Markus Haag
- Karin Hauser

- Julie Maurer
- Basti Guckelberger
- Roxy Paulus

## **Jugendforum Korb 2006**

### **Arbeitsgruppe Jugendtreff Korb**

Teilnehmer:

Kevin Haagen, Kai Fischer, Kamil, Max, Romina, Serdar, Basti, Manuel,  
Markus Haag, Mario, Julie, Roxy

#### **1. Korb allgemein**

Was gefällt dir in Korb ?

- Es gibt nicht viel, aber Freibad, Fußballvereine/-plätze
- An der Keplerschule Basketball

Was gibt es Besonderes in Korb?

- Freibad, Sportplatz, Imbiß

Was ist in Korb weniger gut?

- Freizeitangebote

#### **2. Treffpunkte in Korb**

Wo kann man sich in Korb mit anderen Jugendlichen treffen?

- Seeplatz, Grazia, Juze, vorm HL

Welche Treffpunkte für Jugendliche sind gut, welche sind schlecht und warum?

- Seeplatz und HL sind schlecht im Winter
- Grazia „kostet“
- Juze ist zu klein, zu wenig Möglichkeiten

#### **3. Der Jugendtreff in Korb**

Wer kennt den Jugendtreff überhaupt?

- Fast alle (75%)

Wer von Euch geht hin?

- Nur 18% der Befragten ungefähr

Wie oft?

- So oft es offen hat

Was gefällt Euch dort am besten?

- Die Ruhe, mit Freunden zusammen chillen

Wer geht nicht hin?

- Hängt von der Clique ab

Warum nicht?

- Wegen Clique oder Alter oder zu kleine Räumlichkeiten

#### **4. Was ist gut und was ist schlecht am Jugendtreff?**

- Leute/ Atmosphäre?  
Schlechte Atmosphäre, zu eng
- Ausstattung, z.B. Billard, Theke, Internet, etc.?  
Alles in schlechtem Zustand
- Angebote/ Veranstaltungen?  
Schlecht, gibts nicht
- Öffnungszeiten?  
Zu kurz und zu wenig
- Ansprechpartner/ Betreuung?  
gut
- Räume/ Gebäude?  
Hässlich, veraltet
- Standort/ Platz ?  
Ganz ok

#### **5. Was fehlt im Jugendtreff?**

z.B. welche Angebote sollte es geben?

- größer
- nicht so verschimmelt
- Bar
- getrennte Zimmer für Jungs und Mädchen, verschiedene Cliquen

z.B. welche Ausstattung?

- Fitnessraum
- Raucher und Nichtraucher
- Toiletten

z.B. sind die Räume ausreichend? NEIN

Wenn nicht, was fehlt?

- allgemeiner Spielraum
- Möbel
- Computer

sonstige Vorschläge:

- längere und öftere Öffnungszeiten
- Veranstaltungen

#### **6. Standort**

Ist die Lage gut für einen Jugendtreff in Korb?

- abseits ist ok wegen Lärm/Ärger
- weiter weg für manche nicht so gut

Wenn nein, wo sollte er sonst sein?

z.B. Lage ist ok

## **7. Öffnungszeiten des Jugendtreffs**

An welchen Tagen soll der Jugendtreff offen sein?

- Am besten 7 mal die Woche, ab mittags

Auch am Wochenende?

- Ja, ab und zu

Auch in den Ferien?

- Ja, gerade in den Ferien nötig

Nachmittags?

- Ja (Hausaufgabenbetreuung)

Abends?

- Ja (unter der Woche)

## **8. Betreuung/Personal – wer „macht“ den Jugendtreff?**

Braucht Ihr Betreuung/ Unterstützung durch Erwachsene?

- Betreuung braucht man, weil sonst jeder machen würde was er will und man kann auch über Probleme reden

Durch Eltern?

- Nein, weil man mit denen nicht gescheit reden kann

Wollt Ihr den Jugendtreff selbst machen, ohne Erwachsene?

- Nein

Sonstige Ideen?

- Ab und zu können wir uns auch selbst verwalten

## **9. Engagement – was könnt/ wollt ihr selbst machen?**

Wollt Ihr im Jugendtreff mitarbeiten?

- Ja, auf jeden Fall

Wenn ja, was?

- Veranstaltungen (Straßenfeststand)
- Organisation im Juze (Parties, usw.)

Wollt Ihr im Jugendtreff mitbestimmen?

- Ja

Wer soll mitbestimmen?

- Alle zusammen

Was wollt Ihr mitbestimmen?

- Die Organisation

**Wer aus der Gruppe könnte sich vorstellen nach dem Jugendforum weiterhin aktiv mitzumachen?**

- Kevin Haagen
- Kai Fischer
- Kamil
- Max
- Romina
- Serdar
- Basti
- Manuel
- Markus Haag
- Mario
- Roxy
- Julie
- Marcel
- Annika
- Hüseyin
- Kevin Heinrich
- Ella
- Nadja
- Onur
- Alexander

***Jugendforum Korb 2006***

**Erwachsenengruppe**

- ] **Was glauben Sie, ist in Korb für Jugendliche besser als anderswo?**
- ] **Was ist schlechter?**
- ] **Was machen Mädchen und Jungen in ihrer Freizeit in Korb?**
- ] **Was können Jugendliche in ihrer Freizeit in Korb nicht tun? Zu was muss man von Korb weggehen?**
- ] **Wo können sich Mädchen und Jungen mit Freunden und Freundinnen in Korb treffen?**
- ] **Welche Treffpunkte sind Ihrer Meinung nach gut, welche sind schlecht und warum?**
- ] **Was könnte getan werden, um Korb bzw. für Jugendliche attraktiver zu machen?**



## 6.6 Konzeption „Jugendarbeits-Leasing“

### **Unterstützung der offenen Jugendarbeit insbesondere in ländlichen Gemeinden**

Das Jugendarbeits-Leasing ist ein Service-Angebot für die Städte und insbesondere für die (ländlichen) Gemeinden des Landkreises. Ihnen wird damit eine finanziell überschaubare Möglichkeit geboten, von sozialpädagogischen Fachkräften zeitlich begrenzt in ihrer Jugendarbeit unterstützt zu werden. Das Jugendarbeits-Leasing ist ein Modell, das den Anforderungen der Gemeinden nach inhaltlich und zeitlich variablen Einsätzen mit überschaubarem finanziellen und organisatorischen Aufwand gerecht wird.

Mit dem Jugendarbeits-Leasing kann flexibel auf unterschiedliche Problemlagen Jugendlicher im Landkreis reagiert werden. Der Rems-Murr-Kreis schließt mit den Städten und Gemeinden, die einen Bedarf signalisieren, eine Kooperationsvereinbarung, in der genau geregelt wird, für welches Aufgabengebiet und für welchen Zeitraum eine Fachkraft angefordert wird. Je nach Problemlage, orientiert an den Rahmenbedingungen der jeweiligen Gemeinde, kann ein differenzierter, effektiver Personaleinsatz mit „maßgeschneiderten“ Zielen und Lösungen erfolgen. Die fachliche Begleitung, Einsatzvereinbarungen mit Gemeinden, Arbeitsverträge und Abrechnung erfolgt durch das Referat Jugendarbeit beim Kreisjugendamt. Das Projekt wird zunächst für eine Laufzeit von 3 Jahren eingerichtet. Über eine Weiterführung soll nach Evaluation der Erfahrungen entschieden werden.

### **Beispiele für einen Einsatz des Jugendarbeits-Leasings:**

- Unterstützung von Gemeinden bei der Schaffung von Einrichtungen der offenen Jugendarbeit.
- Unterstützung bei Problemen in Jugendtreffs, (gewalttätige Auseinandersetzungen, Sachbeschädigungen, eine Clique dominiert den Treff etc.) bei denen die ehrenamtlichen Leiter des Jugendtreffs evtl. überfordert sind.
- Unterstützung von Städten und Gemeinden bei unregelmäßig wiederkehrenden Problemen mit Jugendlichen und Jugendcliquen, die sich an öffentlichen Plätzen (Bushaltestellen, Spielplätze etc.) aufhalten und dort auffällig werden (Lärmbelästigung, Sachbeschädigungen etc.).
- Unterstützung der Weiterentwicklung der Angebote der örtlichen Vereinsjugendarbeit.
- Weitere Einsatzmöglichkeiten ergeben sich z.B. dadurch, dass in einer Gemeinde oder Stadt die hauptamtliche Besetzung eines Jugendhauses für einen überschaubaren Zeitraum verstärkt werden muss oder um ein konkretes Einzelprojekt (z.B. Stadtranderholung, Aktionstage etc.) zu planen und umzusetzen.

Die Aufzählung der Beispiele ist nicht abschließend. In jedem Fall werden erwachsene Personen benötigt, die sich für die Jugendcliquen interessieren und in der Lage sind, gemeinsam mit diesen festzustellen, welche Formen der Unterstützung angebracht sind. Dazu ist die Fremd- und Selbstsicht der Clique und deren Lebenssituation zu berücksichtigen.

Mit dem mobilen Jugendarbeits-Leasing geht es in erster Linie um die Ermittlung des Bedarfs dieser Jugendlichen und der Herstellung eines Kontakts. Es bezieht sich auf die Unterstützung der Selbstorganisation der Jugendlichen beispielsweise der Einrichtung eines

Jugendraums oder anderen Freizeitmöglichkeiten, und auf die Kooperation mit anderen relevanten Institutionen und Feldern (Nachbarn, Gemeinde, Vereine, JuZe-Dachverband...). Sollte aufgrund des Verhaltens der Jugendlichen und der Probleme, die sie haben und machen, pädagogische Interventionsformen gefragt sein, die über o.g. Aufgaben (wie die Bereitstellung von Räumen) hinausgehen und die Beziehung zu den Jugendlichen in den Mittelpunkt stellen (Einzelfallhilfe, gezielte Angebote um Erfahrungen persönlichen Selbstwerts und soziale Anerkennung zu machen), sind langfristige und zeitlich umfangreichere Arbeitsansätze (wie z.B. Mobile Jugendarbeit) gefragt, die mit dem Jugendarbeits-Leasing nicht geleistet werden können.

Zum Ende des Einsatzes wird ein Abschlussbericht erstellt, in dem z.B. Empfehlungen für die Zukunft gemacht werden

## **Kosten**

Für jede erbrachte Arbeitsstunde einer Fachkraft aus dem Jugendarbeits-Leasing wird ein Kostenbeitrag der Gemeinde in Höhe von 35,-€ geleistet. Urlaubs-, Krankheits-, Fahrt- und Fortbildungszeiten werden vom Landratsamt als Personalträger übernommen.

Das Projekt Jugendarbeits-Leasing wird gefördert von der Initiative Sicherer Landkreis e.V. und von der Stiftung der Kreissparkasse WN.

Referat Jugendarbeit im Kreishaus der Jugendarbeit  
Jugendarbeits-Leasing  
Margit Meißner

Marktstrasse 48  
71522 Backnang

07191/9079-00  
Fax 07191/9079-25  
[info@jugendarbeit-rm.de](mailto:info@jugendarbeit-rm.de), [www.jugendarbeit-rm.de](http://www.jugendarbeit-rm.de)



# **Stadt Waiblingen**

## **POLIZEIVERORDNUNG**

### **gegen umweltschädliches Verhalten, Belästigung der Allgemeinheit, zum Schutz der Grün-, Freizeit- und Erholungsanlagen und über das Anbringen von Hausnummern (Polizeiliche Umweltschutz-Verordnung)**

Auf Grund von § 10 Abs. 1 in Verbindung mit § 1 Abs. 1 und § 18 Abs. 1 des Polizeigesetzes (PolG) in der Fassung vom 13.01.1992 (GBl. S. 1, ber. S. 596, GBl. 1993 S. 155), zuletzt geändert durch Gesetz vom 18.11.2008 (GBl. S. 390) wird mit Zustimmung des Gemeinderats vom 17.12.2009 nachstehende Polizeiverordnung erlassen:

#### **A b s c h n i t t I**

##### **Allgemeine Regelungen**

##### **§ 1 Begriffsbestimmungen**

(1) Öffentliche Straßen sind alle Straßen, Wege und Plätze, die dem öffentlichen Verkehr gewidmet sind (§ 2 Abs. 1 StrG) oder auf denen ein tatsächlicher öffentlicher Verkehr stattfindet.

(2) Gehwege sind die dem öffentlichen Fußgängerverkehr gewidmeten oder ihm tatsächlich zur Verfügung stehenden Flächen ohne Rücksicht auf ihren Ausbauzustand. Sind solche Gehwege nicht vorhanden, gelten als Gehwege die seitlichen Flächen am Rande der Fahrbahn in einer Breite von 1,5 m. Als Gehwege gelten auch Fußwege, Fußgängerzonen, verkehrsberuhigte Bereiche im Sinne der StVO und Treppen (Staffeln).

(3) Grün-, Freizeit- und Erholungsanlagen sind allgemein zugängliche Anlagen, wie Gärten, Kinderspielplätze, Spielarks, Sportplätze, Parkanlagen, die der Erholung und Freizeitgestaltung der Bevölkerung oder der Gestaltung des Orts- und Landschaftsbildes dienen. Dazu gehören auch die Uferanlagen der Gewässer, Verkehrsgrünanlagen und Friedhöfe.

## **A b s c h n i t t II**

### **Schutz gegen Lärmbelästigung**

#### **§ 2 Benutzung von Rundfunkgeräten, Lautsprechern, Musikinstrumenten u.ä.**

(1) Rundfunk- und Fernsehgeräte, Lautsprecher, Tonwiedergabegeräte, Musikinstrumente sowie andere mechanische oder elektro-akustische Geräte zur Lauterzeugung dürfen nur so benutzt werden, dass andere nicht erheblich belästigt werden. Dies gilt insbesondere, wenn die Geräte oder Instrumente bei offenen Fenstern oder Türen, auf offenen Balkonen, im Freien oder in Kraftfahrzeugen betrieben oder gespielt werden. Die Nachtruhe von 22 Uhr bis 6 Uhr ist besonders geschützt.

(2) Straßenmusikanten dürfen höchstens 30 Minuten an einem Platz verweilen. Nach Ablauf dieser Zeit sind sie verpflichtet, einen anderen Platz aufzusuchen.

(3) Bei Umzügen, Kundgebungen, Märkten und Messen im Freien, bei Stadtfesten und Stadtteilstesten und bei Veranstaltungen, die einem herkömmlichen Brauch entsprechen, gelten Abs. 1 und 2 nicht.

#### **§ 3 Lärm durch Tiere**

Tiere, insbesondere Hunde, sind so zu halten, dass niemand durch anhaltende tierische Laute mehr als nach den Umständen unvermeidbar gestört wird.

#### **§ 4 Lärm durch Fahrzeuge**

In bewohnten Gebieten oder in der Nähe von Wohngebäuden ist es außerhalb von öffentlichen Straßen und Gehwegen verboten,

- a) Kraftfahrzeugmotoren unnötig laufen zu lassen,
- b) Fahrzeug- und Garagentüren übermäßig laut zu schließen,
- c) Fahrräder mit Hilfsmotor und Motoren von Krafträdern in Toreinfahrten, Durchfahrten oder auf Innenhöfen von Wohnhäusern anzulassen,
- d) Beim Be- und Entladen von Fahrzeugen vermeidbaren Lärm zu verursachen,
- e) mit den an den Fahrzeugen vorhandenen Vorrichtungen unnötige Schallzeichen abzugeben.

#### **§ 5 Lärm durch Benutzung von Wertstoffsammelbehältern**

Wertstoffsammelbehälter dürfen in der Zeit von 20 Uhr bis 8 Uhr und an Sonn- und Feiertagen nicht benutzt werden.

## **A b s c h n i t t III**

### **Umweltschädliches Verhalten**

#### **§ 6 Benutzung öffentlicher Abfallbehälter**

In öffentliche Abfallbehälter dürfen nur Kleinabfälle, wie Fahrscheine, Obstreste und Zigarettenschachteln eingeworfen werden. Es ist verboten, andere Abfälle, insbesondere Haus- und Gewerbemüll oder Altpapier einzuwerfen.

#### **§ 7 Verunreinigung öffentlicher Verkehrsflächen**

Das Abspritzen von Fahrzeugen auf öffentlichen Straßen ist untersagt.

#### **§ 8 Benutzung öffentlicher Brunnen**

Öffentliche Brunnen dürfen nur entsprechend ihrer Zweckbestimmung benutzt werden. Es ist verboten, sie zu beschmutzen sowie das Wasser zu verunreinigen.

#### **§ 9 Behandlung von Speiseresten und Abfällen**

Werden Speisen zum Verzehr an Ort und Stelle verabreicht, so sind für Speisereste und Abfälle geeignete Behälter bereitzustellen. Sie sind bei Bedarf, jedoch mindestens einmal täglich, zu leeren.

#### **§ 10 Gefahren durch Tiere**

(1) Tiere sind so zu halten und zu beaufsichtigen, dass niemand mehr als nach den Umständen erforderlich belästigt oder gefährdet wird.

(2) Im Innenbereich (§§ 30 – 34 Baugesetzbuch) sind auf öffentlichen Straßen und Gehwegen Hunde an der Leine zu führen. Ansonsten dürfen Hunde ohne Begleitung einer aufsichtsfähigen Person, die durch Zuruf auf das Tier einwirken kann, nicht frei umherlaufen. Davon ausgenommen sind Blindenhunde oder Hunde von Sehbehinderten sowie Rettungshunde wie auch Diensthunde der Polizei und des städtischen Vollzugsdienstes.

(3) Das Halten von Raubtieren, Gift- und Riesenschlangen und ähnlichen Tieren, die durch ihre Körperkräfte, Gifte oder ihr Verhalten Personen gefährden können, ist der Ortspolizeibehörde unverzüglich anzuzeigen.

## **§ 11 Verunreinigung durch Hundekot**

Der Halter oder Führer eines Hundes hat dafür zu sorgen, dass dieser seine Notdurft nicht auf Gehwegen, in Grün-, Freizeit- und Erholungsanlagen oder in fremden Vorgärten verrichtet. Dennoch dort abgelegter Hundekot ist unverzüglich zu beseitigen.

## **§ 12 Fütterungsverbot für Tauben, Enten und Schwäne**

Tauben, Enten und Schwäne dürfen auf öffentlichen Straßen und Gehwegen sowie in Grün-, Freizeit- und Erholungsanlagen nicht gefüttert werden.

## **§ 13 Belästigung durch Gerüche**

Übelriechende Gegenstände und Stoffe dürfen in der Nähe von Wohngebäuden nicht gelagert, verarbeitet, ausgegossen oder befördert werden, wenn Dritte dadurch erheblich belästigt werden.

## **§ 14 Belästigung der Allgemeinheit**

(1) Auf öffentlichen Straßen und Gehwegen sowie in öffentlichen Grün-, Freizeit- und Erholungsanlagen ist untersagt:

1. das Nächtigen,
2. das die körperliche Nähe suchende oder sonst besonders aufdringliche Betteln sowie das Anstiften von Minderjährigen zu dieser Art des Bettelns,
3. das Betteln mit Tieren,
4. das Verrichten der Notdurft,
5. das Konsumieren von Betäubungsmitteln,
6. Gegenstände wegzuerwerfen oder abzulagern, außer in dafür bestimmte Abfallbehälter.

(2) Die Vorschriften des Strafgesetzbuches, des Betäubungsmittelgesetzes, des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes sowie des Landesabfallgesetzes bleiben hiervon unberührt.

## **§ 15 Unerlaubtes Plakatieren**

(1) An öffentlichen Straßen und Gehwegen sowie in Grün-, Freizeit- und Erholungsanlagen oder den zu ihnen gehörenden Einrichtungen ist ohne Erlaubnis der Ortspolizeibehörde untersagt:

1. außerhalb von zugelassenen Plakatträgern (Plakatsäulen, Anschlagtafeln usw.) zu plakatieren;
2. andere als dafür zugelassene Flächen zu beschriften oder zu bemalen.

Dies gilt auch für bauliche oder sonstige Anlagen, die von öffentlichen Straßen und Gehwegen oder Grün- und Erholungsanlagen aus einsehbar sind.

(2) Wer entgegen des Verbots außerhalb von zugelassenen Plakatträgern plakatiert oder andere als dafür zugelassene Flächen beschriftet oder bemalt, ist zur unverzüglichen Beseitigung verpflichtet. Die Beseitigungspflicht trifft auch den Veranstalter oder die sonstige Person, die auf den jeweiligen Plakatanschlagen oder Darstellungen nach Satz 1 als Verantwortlicher benannt wird.

## **A b s c h n i t t IV**

### **Schutz der öffentlichen Grün-, Freizeit- und Erholungsanlagen**

#### **§ 16 Ordnungsvorschriften**

(1) In den öffentlichen Grün-, Freizeit- und Erholungsanlagen ist es unbeschadet der vorstehenden Vorschriften untersagt:

1. Anpflanzungen oder sonstige gärtnerische Anlagenflächen außerhalb der Wege und Plätze zu befahren oder zu betreten;
2. sich in den dauernd geöffneten Anlagen oder Anlagenteilen außerhalb der freigegebenen Zeit aufzuhalten, wenn Nutzungszeiten festgelegt sind, Wegsperrungen zu beseitigen oder zu verändern oder Einfriedungen oder Sperrungen zu überklettern;
3. außerhalb der Kinderspielplätze und der Spielparks zu spielen oder sportliche Übungen zu treiben, wenn dadurch die Ruhe Dritter gestört oder Besucher belästigt werden;
4. Wege, Rasenflächen, Anpflanzungen und sonstige Anlagenteile zu verändern oder aufzugraben und außerhalb zugelassener Feuerstellen Feuer anzumachen;
5. Pflanzen oder Pflanzenteile abzureißen, abzuschneiden oder zu beschädigen und diese sowie Kompost, Erde, Sand oder Steine zu entfernen;
6. Hunde, ausgenommen solche, die von Blinden oder Sehbehinderten mitgeführt werden, unangeleint umherlaufen zu lassen; auf Kinderspielplätzen oder Liegewiesen dürfen Hunde nicht mitgenommen werden;
7. Bänke, Schilder, Hinweise, Denkmäler, Einfriedungen oder andere Einrichtungen zu beschädigen, zu beschriften, zu bekleben, zu bemalen, zu besprühen, zu beschmutzen oder zu entfernen;
8. Gewässer oder Wasserbecken zu verunreinigen oder darin eingesetzte Tiere unerlaubt zu fangen bzw. Tiere darin auszusetzen;
9. Schieß-, Wurf- oder Schleudergeräte zu benutzen sowie außerhalb der dafür besonders bestimmten und entsprechend gekennzeichneten Stellen zu reiten, zu zelten, zu baden oder Boot zu fahren;



10. Parkwege zu befahren und Fahrzeuge abzustellen; dies gilt nicht für Kinderwagen und fahrbare Krankenstühle sowie für Kinderfahrzeuge, wenn dadurch andere Besucher nicht gefährdet werden.
- (2) Die auf Kinderspielplätzen angegebenen Altersgrenzen für die Benutzung von Turn- und Spielgeräten sind einzuhalten.

### **§ 17 Benutzung der Grillplätze „Sörenberg“ und „Lämmle“**

- (1) Die Benutzung der Grillplätze „Sörenberg“ und „Lämmle“ über eine kurzzeitige Rast zur Erholung und zum Picknick hinaus bedarf der Erlaubnis der Ortspolizeibehörde, soweit es sich um Veranstaltungen handelt, bei denen mit mehr als 25 Personen zu rechnen ist.
- (2) Die Erlaubnis kann mit Auflagen und Nebenbestimmungen versehen werden. Sie ist im Allgemeinen zu versagen, wenn Anhaltspunkte vorliegen, dass durch die Benutzung der Grillplätze Störungen der öffentlichen Sicherheit und Ordnung zu erwarten sind.

### **§ 18 Weitergehende Ordnungsvorschriften für die Benutzung des Talauensees**

- (1) Am Talauensee gibt es neben dem zugänglichen Bereich um den Seeplatz die ökologische Schutzzone. Diese umfasst die Flst.Nr. 4494, 4502, 4507 und 4543 auf Gemarkung Waiblingen. Hier gilt § 16 Abs. 1 Nr. 1. Die Grenze der Schutzzone ist in einer dieser Verordnung als Anlage beigefügten Karte eingetragen. Die Karte ist bei der Stadtverwaltung Waiblingen niedergelegt und kann dort während der Öffnungszeiten von jedermann eingesehen werden.
- (2) Auf bzw. im Talauensee ist es unbeschadet der vorstehenden Vorschriften untersagt:
  1. zu baden oder zu surfen,
  2. die Eisfläche zu betreten oder Schlittschuh zu laufen,
  3. Tiere einzusetzen,
  4. Tiere zu baden,
  5. Modellboote zu betreiben,
  6. mit Fahrzeugen jeglicher Art, insbesondere auch mit kleinen Fahrzeugen ohne eigene Triebkraft, zu fahren.

## **A b s c h n i t t V**

### **Anbringen von Hausnummern**

#### **§ 19 Hausnummern**

- (1) Die Hauseigentümer haben ihre Gebäude spätestens an dem Tag, an dem sie bezogen werden, mit der von der Stadt Waiblingen festgesetzten Hausnummer in arabischen Ziffern zu versehen.
- (2) Die Hausnummern müssen von der Straße aus, in die das Haus einnummeriert ist, gut lesbar sein. Unleserliche Hausnummernschilder sind unverzüglich zu erneuern. Die Hausnummern sind in einer Höhe von nicht mehr als 3 m an der der Straße zugekehrten Seite des Gebäudes unmittelbar über oder neben dem Gebäudeeingang oder, wenn sich der Gebäudeeingang nicht an der Straßenseite des Gebäudes befindet, an der dem Grundstückszugang nächstgelegenen Gebäudeecke anzubringen. Bei Gebäuden, die von der Straße zurückliegen, können die Hausnummern am Grundstückszugang angebracht werden.
- (3) Die Ortspolizeibehörde kann im Einzelfall anordnen, wie, wo und in welcher Ausführung Hausnummern anzubringen sind, soweit dies im Interesse der öffentlichen Sicherheit oder Ordnung geboten ist.

## **A b s c h n i t t VI**

### **Schlussbestimmungen**

#### **§ 20 Zulassung von Ausnahmen**

Entsteht für Betroffene eine nicht zumutbare Härte, so kann die Ortspolizeibehörde Ausnahmen von den Vorschriften dieser Polizeiverordnung zulassen, sofern keine öffentlichen Interessen entgegenstehen.

#### **§ 21 Ordnungswidrigkeiten**

(1) Ordnungswidrig im Sinne von § 18 Abs. 1 Polizeigesetz handelt, wer vorsätzlich oder fahrlässig

1. entgegen § 2 Abs. 1 Rundfunk- und Fernsehgeräte, Lautsprecher, Tonwiedergabegeräte und Musikinstrumente sowie andere mechanische oder elektroakustische Geräte zur Lärmerzeugung so benutzt, dass andere erheblich belästigt werden;

2. entgegen § 2 Abs. 2 mehr als 30 Minuten zur Ausübung von Straßenmusik an einem Platz verweilt;
3. entgegen § 3 Hunde oder andere Tiere so hält, dass andere mehr als den Umständen nach unvermeidbar gestört werden;
4. entgegen § 4 Kraftfahrzeugmotoren unnötig laufen lässt, Fahrzeug- und Garagentüren übermäßig laut schließt, Krafträder und Fahrräder mit Hilfsmotor in Toreinfahrten, Durchfahrten oder auf Innenhöfen von Wohnhäusern anlässt, beim Be- und Entladen von Fahrzeugen vermeidbaren Lärm verursacht, mit den an Fahrzeugen vorhandenen Vorrichtungen unnötige Schallzeichen abgibt;
5. entgegen § 5 Wertstoffbehälter außerhalb der vorgegebenen Zeiten benutzt;
6. entgegen § 6 in öffentliche Abfallkörbe anderen als Kleinmüll einwirft;
7. entgegen § 7 auf öffentlichen Verkehrsflächen Fahrzeuge abspritzt;
8. entgegen § 8 öffentliche Brunnen entgegen ihrer Zweckbestimmung benutzt, sie beschmutzt oder das Wasser verunreinigt;
9. entgegen § 9 keine geeigneten Behälter für Speisereste und Abfälle bereithält oder diese nicht bei Bedarf, mindestens jedoch einmal täglich leert;
10. entgegen § 10 Abs. 1 Tiere so hält oder beaufsichtigt, dass andere mehr als nach den Umständen erforderlich belästigt oder gefährdet werden;
11. entgegen § 10 Abs. 2 Hunde frei umherlaufen lässt;
12. entgegen § 10 Abs. 3 ein gefährliches Tier nicht anmeldet;
13. entgegen § 11 als Halter oder Führer eines Hundes verbotswidrig abgelegten Hundekot nicht unverzüglich beseitigt;
14. entgegen § 12 Tauben, Enten und Schwäne füttert;
15. entgegen § 13 übelriechende Gegenstände und Stoffe lagert, verarbeitet, ausgießt oder befördert;
16. auf öffentlichen Straßen und Gehwegen sowie in öffentlichen Grün-, Freizeit- und Erholungsanlagen
  - a) entgegen § 14 Abs. 1 Nr. 1 nächtigt,
  - b) entgegen § 14 Abs. 1 Nr. 2 in aufdringlicher Art und Weise bettelt oder Minderjährige dazu anstiftet,
  - c) entgegen § 14 Abs. 1 Nr. 3 mit Tieren bettelt,

- d) entgegen § 14 Abs. 1 Nr. 4 seine Notdurft verrichtet,
  - e) entgegen § 14 Abs. 1 Nr. 5 Betäubungsmittel konsumiert,
  - f) entgegen § 14 Abs. 1 Nr. 6 Gegenstände wegwirft oder ablagert, außer in dafür bestimmte Abfallbehälter;
17. entgegen § 15 plakatiert oder nicht dafür zugelassene Flächen beschriftet oder bemalt oder als Verpflichteter seiner Beseitigungspflicht nicht nachkommt;
18. in öffentlichen Grün-, Freizeit- und Erholungsanlagen
- a) entgegen § 16 Abs. 1 Nr. 1 Anpflanzungen und sonstige Anlagenpflanzen betritt oder befährt,
  - b) entgegen § 16 Abs. 1 Nr. 2 außerhalb der freigegebenen Zeiten sich in nicht dauernd geöffneten Anlagen oder Anlagenteilen aufhält, Wegsperrern beseitigt oder verändert, oder Einfriedungen und Sperrern überklettert,
  - c) entgegen § 16 Abs. 1 Nr. 3 außerhalb der Kinderspielplätze und der Spielparks spielt oder dort sportliche Übungen treibt, durch die andere gestört oder belästigt werden,
  - d) entgegen § 16 Abs. 1 Nr. 4 Wege, Rasenflächen, Anpflanzungen und sonstige Anlagenteile verändert oder aufgräbt oder außerhalb zugelassener Feuerstellen Feuer macht,
  - e) entgegen § 16 Abs. 1 Nr. 5 Pflanzen oder Pflanzenteile abreißt, abschneidet oder beschädigt oder diese sowie Kompost, Erde, Sand oder Steine entfernt,
  - f) entgegen § 16 Abs. 1 Nr. 6 Hunde unangeleint umherlaufen lässt oder auf Kinderspielplätze und Liegewiesen mitnimmt,
  - g) entgegen § 16 Abs. 1 Nr. 7 Bänke, Schilder, Hinweise, Denkmäler, Einfriedungen oder andere Einrichtungen beschädigt, beschriftet, beklebt, bemalt, beschmutzt oder entfernt, soweit nicht der Tatbestand der Sachbeschädigung gegeben ist,
  - h) entgegen § 16 Abs. 1 Nr. 8 Gewässer oder Wasserbecken verunreinigt oder darin eingesetzte Tiere unerlaubt fängt bzw. darin aussetzt,
  - i) entgegen § 16 Abs. 1 Nr. 9 Schieß-, Wurf- oder Schleudergeräte benutzt sowie außerhalb der dafür bestimmten oder entsprechend gekennzeichneten Stellen reitet, zeltet, badet oder Boot fährt,
  - j) entgegen § 16 Abs. 1 Nr. 10 Parkwege befährt oder Fahrzeuge abstellt,

19. entgegen § 17 ohne Erlaubnis die Grillplätze „Sörenberg“ und „Lämmle“ benutzt oder den erteilten Nebenbestimmungen zuwiderhandelt;
20. auf oder im Talauensee
  - a) entgegen § 18 Abs. 2 Nr. 1 badet oder surft,
  - b) entgegen § 18 Abs. 2 Nr. 2 die Eisfläche betritt oder Schlittschuh läuft,
  - c) entgegen § 18 Abs. 2 Nr. 3 Tiere einsetzt,
  - d) entgegen § 18 Abs. 2 Nr. 4 Tiere badet,
  - e) entgegen § 18 Abs. 2 Nr. 5 Modellboote betreibt,
  - f) entgegen § 18 Abs. 2 Nr. 6 mit Fahrzeugen jeglicher Art fährt;
21. entgegen § 19 Abs. 1 als Hauseigentümer die Gebäude nicht mit den festgesetzten Hausnummern versieht,
22. entgegen § 19 Abs. 2 Satz 2 unleserliche Hausnummernschilder nicht unverzüglich erneuert oder Hausnummern nicht entsprechend § 20 Abs. 3 anbringt.

(1) Abs. 1 gilt nicht, soweit eine Ausnahme nach § 20 zugelassen ist.

(2) Ordnungswidrigkeiten können nach § 18 Abs. 2 PolG und § 17 Abs. 1 und 2 des Gesetzes über Ordnungswidrigkeiten mit einer Geldbuße von mindestens 5 EUR und höchstens 1.000 EUR, bei fahrlässigen Zuwiderhandlungen mit höchstens 500 EUR geahndet werden.

## **§ 22 Inkrafttreten**

- (1) Diese Polizeiverordnung tritt am Tage nach der öffentlichen Bekanntmachung in Kraft.
- (2) Gleichzeitig treten die früheren Polizeiverordnungen, die dieser Polizeiverordnung entsprechen oder widersprechen, außer Kraft.

Ausgefertigt,  
Waiblingen, den 23. Dezember 2009  
Ortspolizeibehörde

gez.  
Andreas Hesky  
Oberbürgermeister

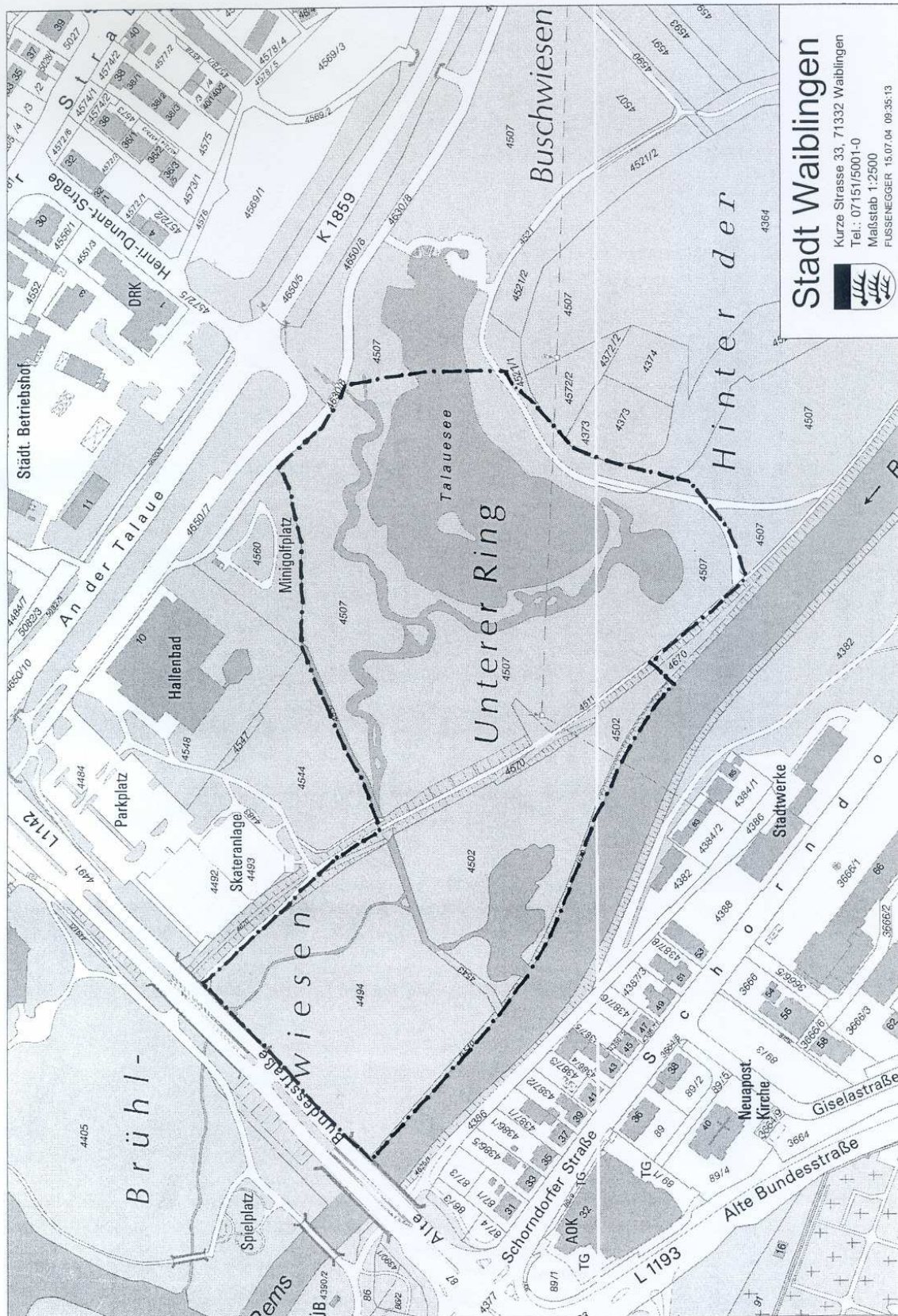
**Hinweis:**

Eine etwaige Verletzung von Verfahrens- und Formvorschriften der Gemeindeordnung für Baden-Württemberg (GemO) in der aktuellen Fassung oder von auf Grund der GemO erlassener Verfahrensvorschriften ist nach § 4 Abs. 5 GemO i.V.m. § 4 Abs. 4 GemO in dem dort bezeichneten Umfang unbeachtlich, wenn sie nicht schriftlich innerhalb eines Jahres seit dieser Bekanntmachung gegenüber der Stadt Waiblingen geltend gemacht worden ist. Der Sachverhalt, der die Verletzung begründen soll, ist zu bezeichnen. Dies gilt nicht, wenn

- die Vorschriften über die Öffentlichkeit der Sitzung, die Genehmigung oder die Bekanntmachung verletzt worden sind oder
- der Oberbürgermeister dem Beschluss nach § 43 GemO wegen Gesetzeswidrigkeit widersprochen hat oder
- vor Ablauf der Jahresfrist die Rechtsaufsichtsbehörde den Beschluss beanstandet oder ein Dritter die Verfahrensverletzung gerügt hat.



# Darstellung der ökologischen Schutzzone am Talauesee



**Stadt Waiblingen**

Kurze Strasse 33, 71332 Waiblingen  
Tel.: 07151/5001-0  
Maßstab 1:2500  
FUSSENEGER 15.07.04 09:35:13



ökologische Schutzzone

Stadtrecht der Stadt Reutlingen Az.: 120-11	Polizeiliche Umweltschutz-Verordnung	SR 1.10	Stand: 03/2006
---------------------------------------------------	--------------------------------------	------------	-------------------

## **Polzeiverordnung zur Aufrechterhaltung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung und gegen umweltschädliches Verhalten**

**vom 21.03.2006**

Abschnitt 1	2
Allgemeine Regelungen	2
§ 1    Begriffsbestimmungen	2
Abschnitt 2	3
Schutz gegen Lärmbelästigung	3
§ 2    Nachtruhe	3
§ 3    Benutzung von Rundfunkgeräten, Lautsprechern, Musikinstrumenten u. Ä.	3
§ 4    Lärm aus Gaststätten, Vergnügungs- und Versammlungsräumen	3
§ 5    Lärm durch Fahrzeuge	3
§ 6    Nutzung von Sport- und Kinderspielplätzen	4
§ 7    Haus- und Gartenarbeiten	4
§ 8    Altglassammelbehälter	4
Abschnitt 3	4
Umweltschädliches Verhalten und Belästigung der Allgemeinheit	4
§ 9    Abspritzen von Kraftfahrzeugen	4
§ 10   Unerlaubtes Plakatieren, Beschriften, Bemalen	5
§ 11   Belästigung der Allgemeinheit	5
§ 12   Benutzung öffentlicher Brunnen	5
§ 13   Tierhaltung	5
§ 14   Verunreinigung durch Hunde	6
§ 15   Taubenfütterungsverbot	6
Abschnitt 4	6
Schutz der Grün- und Erholungsanlagen	6
§ 16   Ordnungsvorschriften	6
Abschnitt 5	7
Bekämpfung von Ratten	7
§ 17   Anzeige- und Bekämpfungspflicht	7
Abschnitt 6	7
Anbringung von Hausnummern	7
§ 18   Hausnummern	7
Abschnitt 7	8
Schlussbestimmungen	8
§ 19   Zulassung von Ausnahmen	8
§ 20   Ordnungswidrigkeiten	8
§ 21   Inkrafttreten	10



Stadtrecht der Stadt Reutlingen Az.: 120-11	Polizeiliche Umweltschutz-Verordnung	SR 1.10	Stand: 03/2006
---------------------------------------------------	--------------------------------------	------------	-------------------

## **Polzeiverordnung zur Aufrechterhaltung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung und gegen umweltschädliches Verhalten**

Aufgrund von § 10 Abs. 1 in Verbindung mit § 1 Abs. 1 des Polizeigesetzes für Baden-Württemberg wird mit Zustimmung des Gemeinderats verordnet:

### **Abschnitt 1**

#### **Allgemeine Regelungen**

#### **§ 1 Begriffsbestimmungen**

- (1) Öffentliche Straßen im Sinne dieser Polizeiverordnung sind alle Straßen, Wege und Plätze, die dem öffentlichen Verkehr gewidmet sind (§ 2 Abs. 1 StrG f. Baden-Württ.) oder auf denen ein tatsächlicher öffentlicher Verkehr stattfindet. Zu den öffentlichen Straßen gehören insbesondere die Fahrbahnen, Haltestellenbuchten, Parkplätze, Gehwege, Radwege, Fußgängerunterführungen sowie alle sonstigen Gehflächen, Stützmauern, Durchlässe, Brücken und Tunnels.
- (2) Gehwege sind die dem öffentlichen Fußgängerverkehr gewidmeten oder ihm tatsächlich zur Verfügung stehenden Flächen ohne Rücksicht auf ihren Ausbauzustand. Sind solche Gehwege nicht vorhanden, gelten als Gehwege die seitlichen Flächen am Rande der Fahrbahn in einer Breite von 1,0 m. Als Gehwege gelten auch Fußwege, Fußgängerzonen, verkehrsberuhigte Bereiche im Sinne von § 42 Abs. 4 a StVO und Treppen (Staffeln).
- (3) Grün- und Erholungsanlagen sind allgemein zugängliche gärtnerisch gestaltete Anlagen, die der Erholung der Bevölkerung oder der Gestaltung des Orts- und Landschaftsbildes dienen. Dies sind insbesondere:
  - Sportpark Markwasen
  - Volkspark
  - Pomologie
  - Stadtgarten
  - Grünanlage Tübinger Tor
  - Grünzug im Baugebiet Hohbuch-Schafstall
  - Grünanlage Tunnel Rommelsbacher Straße
  - Grünzug Planie
  - Listplatz
  - Parkanlage Voller Brunnen
  - Grünanlage Kelternplatz
  - Grünanlage Wöhrwold

Dazu gehören auch Verkehrsgrünanlagen, allgemein zugängliche Kinderspielplätze sowie Schul- und Sportanlagen.

- (4) Plakatieren ist das Anbringen von Anschlägen oder Folien, die keine Werbeanlagen im Sinne des öffentlichen Baurechts darstellen. Dem Plakatieren steht das Anbringen von Spruchbändern sowie das Bemalen und Beschriften gleich.

Stadtrecht der Stadt Reutlingen Az.: 120-11	Polizeiliche Umweltschutz-Verordnung	SR 1.10	Stand: 03/2006
---------------------------------------------------	--------------------------------------	------------	-------------------

## **Abschnitt 2**

### **Schutz gegen Lärmbelästigung**

#### **§ 2 Nachtruhe**

Es ist verboten, in der Zeit von 22:00 bis 06:00 Uhr die Nachtruhe anderer mehr als nach den Umständen unvermeidbar insbesondere durch lärmende Unterhaltung, Singen, Johlen, Schreien, Grölen oder andere geräuschverursachende Tätigkeiten zu stören. Dies gilt auch bei nächtlichem An- und Abfahren von Kraftfahrzeugen, vor allem vor Gaststätten und Versammlungsräumen, soweit nicht das Straßenverkehrsrecht Anwendung findet.

#### **§ 3 Benutzung von Rundfunkgeräten, Lautsprechern, Musikinstrumenten u. Ä.**

- (1) Rundfunk- und Fernsehgeräte, Lautsprecher, Tonwiedergabegeräte, Musikinstrumente sowie andere mechanische oder elektroakustische Geräte zur Lauterzeugung dürfen nur so benutzt werden, dass andere nicht erheblich belästigt werden. Dies gilt insbesondere, wenn die Geräte oder Instrumente bei offenen Fenstern oder Türen, auf offenen Balkonen, im Freien oder in Kraftfahrzeugen betrieben oder gespielt werden.
- (2) Abs. 1 gilt nicht:
  - a) bei Umzügen, Kundgebungen, Märkten und Messen im Freien und bei Veranstaltungen, die einem herkömmlichen Brauch entsprechen,
  - b) für amtliche Durchsagen.

#### **§ 4 Lärm aus Gaststätten, Vergnügungs- und Versammlungsräumen**

Aus Gaststätten, Gartenwirtschaften, Vergnügungs- und Versammlungsräumen innerhalb der im Zusammenhang bebauten Gebiete oder in der Nähe von Wohngebäuden darf kein Lärm nach außen dringen, durch den andere erheblich belästigt werden. Fenster und Türen sind erforderlichenfalls geschlossen zu halten.

#### **§ 5 Lärm durch Fahrzeuge**

In bewohnten Gebieten oder in der Nähe von Wohngebäuden ist es auch außerhalb von öffentlichen Verkehrsflächen verboten,

- a) Kraftfahrzeugmotoren unnötig laufen zu lassen,
- b) Fahrzeug- und Garagentüren übermäßig laut zu schließen,
- c) Motoren von Krafträdern in Toreinfahrten, Durchfahrten oder auf Innenhöfen von Wohnhäusern anzulassen,
- d) beim Be- und Entladen von Fahrzeugen vermeidbaren Lärm zu verursachen,
- e) mit den an den Fahrzeugen vorhandenen Vorrichtungen unnötige Schallzeichen abzugeben.

Stadtrecht der Stadt Reutlingen Az.: 120-11	Polizeiliche Umweltschutz-Verordnung	SR 1.10	Stand: 03/2006
---------------------------------------------------	--------------------------------------	------------	-------------------

## **§ 6**

### **Nutzung von Sport- und Kinderspielplätzen**

- (1) Allgemein zugängliche Sport- und Kinderspielplätze, die weniger als 50 m von der Wohnbebauung entfernt sind, dürfen in der Zeit zwischen 20:00 und 08:00 Uhr, während der gesetzlich festgelegten Sommerzeit (MESZ) von 21:00 bis 08:00 Uhr, nicht benutzt werden. Dazu zählen auch unmittelbar zugehörnde Tribünen, Treppenanlagen, Zugangswege und dergleichen.
- (2) Dies gilt nicht für den bis 22:00 Uhr unter Aufsicht durchgeführten Spiel- und Trainingsbetrieb der Sportvereine auf Sportplätzen.
- (3) Auf Kinderspielplätzen und in deren Umgebungsbereich von weniger als 50 m ist der Konsum alkoholischer Getränke oder anderer berauschender Mittel und der Aufenthalt von Personen, die deutlich erkennbar unter dem Einfluss von Alkohol oder anderer berauschender Mittel stehen, untersagt.

## **§ 7**

### **Haus- und Gartenarbeiten**

- (1) Haus- und Gartenarbeiten, soweit es sich nicht um gewerbliche Arbeiten handelt, die geeignet sind, die Ruhe anderer zu stören, dürfen nur werktags (Montag bis Samstag) in der Zeit von 07:00 Uhr bis 12:30 Uhr und von 14:00 Uhr bis 20:00 Uhr ausgeführt werden. Zu den Haus- und Gartenarbeiten gehören insbesondere das Bohren, Hämmern, Sägen, Schleifen und Holzspalten, das Ausklopfen von Teppichen, Betten, Matratzen, Polstern und Kleidungsstücken.
- (2) Die Vorschriften nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz, insbesondere die 32. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung – 32. BImSchV –), bleiben unberührt.

## **§ 8**

### **Altglassammelbehälter**

Altglassammelbehälter, die weniger als 100 m von der Wohnbebauung entfernt stehen, dürfen werktags (Montag bis Samstag) in der Zeit von 20:00 Uhr bis 07:00 Uhr und an Sonn- und Feiertagen ganztägig nicht benutzt werden.

## **Abschnitt 3**

### **Umweltschädliches Verhalten und Belästigung der Allgemeinheit**

## **§ 9**

### **Abspritzen von Kraftfahrzeugen**

Auf öffentlichen Verkehrsflächen ist untersagt:

1. das Abspritzen oder Waschen von Fahrzeugen sowie das Wechseln von Betriebsstoffen oder anderer umweltgefährdender Stoffe.
2. das Ausgießen übelriechender, schädlicher oder anderer umweltgefährdender Flüssigkeiten.

Stadtrecht der Stadt Reutlingen Az.: 120-11	Polizeiliche Umweltschutz-Verordnung	SR 1.10	Stand: 03/2006
---------------------------------------------------	--------------------------------------	------------	-------------------

## **§ 10**

### **Unerlaubtes Plakatieren, Beschriften, Bemalen**

- (1) An öffentlichen Straßen und Gehwegen sowie in Grün- und Erholungsanlagen oder den zu ihnen gehörenden Einrichtungen ist ohne Erlaubnis der Ortspolizeibehörde untersagt:
  - a) außerhalb von zugelassenen Plakatträgern (Plakatsäulen, Anschlagtafeln usw.) zu plakatieren
  - b) andere als dafür zugelassene Flächen zu beschriften oder zu bemalen.
- (2) Wer entgegen § 10 Abs. 1 außerhalb von zugelassenen Plakatträgern plakatiert, andere als dafür zugelassene Fläche beschriftet oder bemalt, ist zur unverzüglichen Beseitigung verpflichtet. Die Beseitigungspflicht trifft unter den Voraussetzungen des § 6 Abs. 3 des Polizeigesetzes auch den Veranstalter oder die Person, die auf den jeweiligen Plakatanschlagen oder Darstellungen nach Satz 1 als Verantwortlicher benannt wird oder für dessen Veranstaltung geworben wird.

## **§ 11**

### **Belästigung der Allgemeinheit**

- (1) Auf öffentlichen Straßen und Gehwegen und in Grün- und Erholungsanlagen ist untersagt:
  1. das Nächtigen in der Zeit von 21:00 bis 06:00 Uhr,
  2. das die körperliche Nähe suchende oder sonst besonders aufdringliche oder belästigende Betteln sowie das Anstiften von Minderjährigen zu dieser Art des Bettelns,
  3. das Verrichten der Notdurft,
  4. das Lagern oder dauerhafte Verweilen außerhalb von Freiausschankflächen oder Einrichtungen wie Grillstellen u. Ä., ausschließlich oder überwiegend zum Zwecke des Alkoholkonsums, wenn dessen Auswirkungen geeignet sind, Dritte erheblich zu belästigen,
  5. der öffentliche Konsum sowie der Aufenthalt zum Zwecke des Umschlags oder der Unterstützung des Umschlags von Betäubungsmitteln,
  6. Gegenstände aller Art, wie z. B. Flaschen, Dosen, Verpackungen, Zigaretten, Papier, Lebensmittelreste und Tüten wegzuworfen oder abzulagern, es sei denn, dies erfolgt in dafür zur Verfügung gestellte Abfallkörbe bzw. -behälter.
- (2) Die Vorschriften des Strafgesetzbuches, des Betäubungsmittelgesetzes, des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes, des Landesabfallgesetzes sowie § 118 des Gesetzes über Ordnungswidrigkeiten bleiben unberührt.

## **§ 12**

### **Benutzung öffentlicher Brunnen**

Es ist verboten, öffentliche Brunnen zu verschmutzen sowie das Wasser zu verunreinigen.

## **§ 13**

### **Tierhaltung**

- (1) Tiere, insbesondere Hunde, sind so zu halten und zu beaufsichtigen, dass niemand gefährdet oder durch anhaltende tierische Laute mehr als nach den Umständen unvermeidbar gestört wird.

Stadtrecht der Stadt Reutlingen Az.: 120-11	Polizeiliche Umweltschutz-Verordnung	SR 1.10	Stand: 03/2006
---------------------------------------------------	--------------------------------------	------------	-------------------

- (2) Innerhalb der im Zusammenhang bebauten Gebiete (Innenbereich §§ 30 – 34 Baugesetzbuch) sind auf öffentlichen Straßen und Gehwegen Hunde an der Leine zu führen. Außerhalb der in Satz 1 genannten Gebiete dürfen Hunde ohne Begleitung einer Person, die durch Zuruf auf das Tier einwirken kann, nicht frei umherlaufen. Dies gilt nicht für Diensthunde der Polizei, Zoll und Bundesgrenzschutz.
- (3) Das Halten von Raubtieren, Gift- oder Riesenschlangen oder ähnlichen Tieren, die durch ihre Körperkräfte, Gifte oder ihr Verhalten Personen gefährden können, ist der Ortpolizeibehörde unverzüglich anzuzeigen. Die Ortpolizeibehörde kann die Tierhaltung unter Auflagen zulassen oder bei Gefahr für die öffentliche Sicherheit oder Ordnung untersagen.

#### **§ 14 Verunreinigung durch Hunde**

Der Halter oder Führer eines Hundes hat dafür zu sorgen, dass dieser seine Notdurft nicht auf Gehwegen, in Grün- und Erholungsanlagen oder in fremden Vorgärten verrichtet. Dennoch dort abgelegter Hundekot ist unverzüglich zu beseitigen.

#### **§ 15 Taubenfütterungsverbot**

Tauben dürfen auf öffentlichen Straßen und Gehwegen sowie in Grün- und Erholungsanlagen nicht gefüttert werden.

### **Abschnitt 4**

#### **Schutz der Grün- und Erholungsanlagen**

#### **§ 16 Ordnungsvorschriften**

- (1) In den Grün- und Erholungsanlagen ist es untersagt:
  1. Parkwege zu befahren und Fahrzeuge abzustellen; dies gilt nicht für Kinderwagen und fahrbare Krankenstühle sowie für Kinderfahrzeuge, wenn dadurch andere Besucher nicht gefährdet werden,
  2. Bänke, Schilder, Hinweise, Denkmäler, Einfriedigungen oder andere Einrichtungen zu beschriften, bekleben, bemalen, beschmutzen oder zu entfernen,
  3. Gewässer oder Wasserbecken zu verunreinigen oder darin zu fischen,
  4. Musikinstrumente, Radiogeräte, Plattenspieler oder ähnliche Geräte in einer Weise zu benutzen, dass andere Besucher der Anlagen gestört werden sowie auf andere Weise störenden Lärm zu erzeugen,
  5. Hunde, ausgenommen solche, die von Blinden oder Sehbehinderten mitgeführt werden, frei umherlaufen zu lassen.
- (2) Hunde sind von Kinderspielplätzen, Liegewiesen, Sportplätzen sowie von allen anderen dem Sportbetrieb dienenden Anlagen, wie z. B. Hoch-/Weitsprunganlagen, Laufbahnen o. Ä., fernzuhalten.

Stadtrecht der Stadt Reutlingen Az.: 120-11	Polizeiliche Umweltschutz-Verordnung	SR 1.10	Stand: 03/2006
---------------------------------------------------	--------------------------------------	------------	-------------------

- (3) Der Aufenthalt in den Grün- und Erholungsanlagen Pomologie und Volkspark ist außerhalb der in der Benutzungsordnung der Stadt Reutlingen für die Grün- und Erholungsanlage Pomologie und Volkspark (Gemeinderatsbeschluss vom 07.03.2006, bekannt gemacht am 24.03.2006) genannten Zeiten nicht zulässig.  
Die Anlagen dürfen außerhalb der zugelassenen Zeiträume nur durchquert werden.  
Diese Regelungen gelten nicht bei Veranstaltungen, die von der Stadt genehmigt sind.

## **Abschnitt 5**

### **Bekämpfung von Ratten**

#### **§ 17 Anzeige- und Bekämpfungspflicht**

- (1) Die Eigentümer von:
1. bebauten Grundstücken,
  2. unbebauten sowie landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzten Grundstücken innerhalb der im Zusammenhang bebauten Gebiete (Innenbereich, §§ 30 – 34 Baugesetzbuch),
  3. Lager- und Schuttplätzen, Kanalisationen, Garten- und Parkanlagen, Ufern, Wassergräben und Dämmen,
  4. Eisenbahnanlagen innerhalb der im Zusammenhang bebauten Gebiete (Innenbereich, §§ 30 – 34 Baugesetzbuch)
- sind verpflichtet, wenn sie Rattenbefall feststellen, unverzüglich der Ortpolizeibehörde Anzeige zu erstatten und eine Rattenbekämpfung durchzuführen. Die Bekämpfungsmaßnahmen sind so lange zu wiederholen, bis sämtliche Ratten vernichtet sind.
- (2) Das Gift ist so auszulegen, dass Menschen nicht gefährdet werden. Giftköder dürfen im Freien oder in unverschlossenen Räumen nicht unbedeckt und nicht ungesichert ausgelegt werden.

Die Ortpolizeibehörde kann eine allgemeine Rattenbekämpfung auf Kosten der Verpflichteten für die ganze Stadt oder einen Teil des Stadtgebietes anordnen. In der Anordnung ist der Zeitraum festzulegen, währenddessen die Rattenbekämpfung durchzuführen ist.

## **Abschnitt 6**

### **Anbringung von Hausnummern**

#### **§ 18 Hausnummern**

- (1) Die Hauseigentümer haben ihre Gebäude spätestens an dem Tag, an dem sie bezogen werden, mit der von der Stadt Reutlingen festgesetzten Hausnummer zu versehen.
- (2) Die Hausnummern müssen von der Straße aus, in die das Haus einnummeriert ist, gut lesbar sein. Unleserliche Hausnummernschilder sind unverzüglich zu erneuern. Hausnummern sind in einer Höhe von nicht mehr als 3 m an der der Straße zugekehrten Seite des Gebäudes unmittelbar über oder neben dem Gebäudeeingang oder, wenn sich der Gebäudeeingang nicht an der Straßenseite des Gebäudes befindet, an der dem Grundstückszugang nächstgelegenen

Stadtrecht der Stadt Reutlingen Az.: 120-11	Polizeiliche Umweltschutz-Verordnung	SR 1.10	Stand: 03/2006
---------------------------------------------------	--------------------------------------	------------	-------------------

Gebäudeecke anzubringen. Bei Gebäuden, die von der Straße zurückliegen, können die Hausnummern am Grundstückszugang angebracht werden.

- (3) Die Ortpolizeibehörde kann im Einzelfall anordnen, wo, wie und in welcher Ausführung Hausnummern anzubringen sind, soweit dies im Interesse der öffentlichen Sicherheit oder Ordnung geboten ist.

## **Abschnitt 7**

### **Schlussbestimmungen**

#### **§ 19 Zulassung von Ausnahmen**

Entsteht für den Betroffenen eine nicht zumutbare Härte, so kann die Ortpolizeibehörde Ausnahmen von den Vorschriften dieser Polizeiverordnung zulassen, sofern keine öffentlichen Interessen entgegenstehen.

#### **§ 20 Ordnungswidrigkeiten**

- (1) Ordnungswidrig im Sinne von § 18 Abs. 1 Polizeigesetz handelt, wer vorsätzlich oder fahrlässig
1. entgegen § 2 die Nachtruhe anderer mehr als nach den Umständen unvermeidbar stört,
  2. entgegen § 3 Abs. 1 Rundfunk- und Fernsehgeräte, Lautsprecher, Tonwiedergabegeräte, Musikinstrumente sowie andere mechanische oder elektroakustische Geräte zur Lauterzeugung so benutzt, dass andere erheblich belästigt werden,
  3. entgegen § 4 Lärm aus Gaststätten, Gartenwirtschaften, Vergnügungs- und Versammlungsräumen nach außen dringen lässt, durch den andere erheblich belästigt werden,
  4. entgegen § 5 außerhalb öffentlicher Verkehrsfläche Kraftfahrzeugmotoren unnötig laufen lässt, Fahrzeug- und Garagentüren übermäßig laut schließt, Motoren von Krafträdern in Toreinfahrten, Durchfahrten oder auf Innenhöfen von Wohnhäusern anlässt, beim Be- und Entladen von Fahrzeugen vermeidbaren Lärm verursacht oder mit den an den Fahrzeugen vorhandenen Vorrichtungen unnötige Schallzeichen abgibt,
  5. entgegen § 6 allgemein zugängliche Sport- und Kinderspielplätze benutzt,
  6. entgegen § 7 Haus- und Gartenarbeiten durchführt,
  7. entgegen § 8 Altglassammelbehälter benutzt,
  8. entgegen § 9 Ziff. 1 Kraftfahrzeuge auf öffentlichen Verkehrsflächen abspritzt, wäscht, einen Wechsel von Betriebsstoffen oder anderer umweltgefährdender Stoffe vornimmt,
  9. entgegen § 9 Ziff. 2 übelriechende, schädliche oder andere umweltgefährdende Flüssigkeiten ausgießt,

Stadtrecht der Stadt Reutlingen Az.: 120-11	Polizeiliche Umweltschutz-Verordnung	SR 1.10	Stand: 03/2006
---------------------------------------------------	--------------------------------------	------------	-------------------

10. entgegen § 10 plakatiert oder nicht dafür zugelassene Flächen beschriftet, bemalt oder als Verpflichteter der in § 10 Abs. 2 beschriebenen Beseitigungspflicht nicht nachkommt,
11. entgegen § 11 Abs. 1 Ziff. 1 – 3 nächtigt, bettelt oder Minderjährige zu solchem Betteln anstiftet oder die Notdurft verrichtet,
12. entgegen § 11 Abs. 1 Nr. 4 außerhalb von Freiausschankflächen oder Einrichtungen wie Grillstellen u. Ä. ausschließlich oder überwiegend zum Zwecke des Alkoholenusses lagert oder dauerhaft verweilt und die Auswirkungen des Alkoholenusses Dritte erheblich belästigen,
13. entgegen § 11 Abs. 1 Nr. 5 Betäubungsmittel konsumiert sowie sich zum Zwecke des Umschlags oder der Unterstützung des Umschlags von Betäubungsmitteln aufhält,
- 13a. entgegen § 11 Abs. 1 Nr. 6 Gegenstände aller Art, wie z. B. Flaschen, Dosen, Verpackungen, Zigaretten, Papier, Lebensmittelreste und Tüten, wegwirft oder ablagert, es sei denn, dies erfolgt in dafür zur Verfügung gestellte Abfallkörbe bzw. -behälter.
14. entgegen § 12 öffentliche Brunnen beschmutzt oder das Wasser verunreinigt,
15. entgegen § 13 Abs. 1 Tiere so hält oder beaufsichtigt, dass andere gefährdet oder mehr als nach den Umständen unvermeidbar gestört werden,
16. entgegen § 13 Abs. 2 Hunde frei umherlaufen lässt,
17. entgegen § 13 Abs. 3 das Halten gefährlicher Tiere der Ortspolizeibehörde nicht unverzüglich anzeigt,
18. entgegen § 14 als Halter oder Führer eines Hundes nicht dafür sorgt, dass dieser seine Notdurft nicht auf Gehwegen, in fremden Vorgärten oder in Grün- und Erholungsanlagen verrichtet oder dennoch verbotswidrig abgelegten Hundekot nicht unverzüglich beseitigt,
19. entgegen § 15 Tauben füttert,
20. entgegen § 16 Abs. 1 Nr. 1 Parkwege befährt oder Fahrzeuge abstellt,
21. entgegen § 16 Abs. 1 Nr. 2 Bänke, Schilder, Hinweise, Denkmäler, Einfriedigungen oder andere Einrichtungen beschriftet, beklebt, bemalt, beschmutzt oder entfernt,
22. entgegen § 16 Abs. 1 Nr. 3 Gewässer oder Wasserbecken verunreinigt oder darin fischt,
23. entgegen § 16 Abs. 1 Nr. 4 Musikinstrumente, Radiogeräte, Plattenspieler oder ähnliche Geräte in einer Weise benutzt, dass andere Besucher der Anlagen gestört werden oder auf andere Weise störenden Lärm erzeugt,
24. entgegen § 16 Abs. 1 Nr. 5 Hunde frei umherlaufen lässt,
25. entgegen 16 Abs. 2 Hunde nicht von Kinderspielplätzen, Liegewiesen, Sportplätzen sowie von allen anderen dem Sportbetrieb dienenden Anlagen, wie z. B. Hoch-/Weitsprunganlagen, Laufbahnen o. Ä., fernhält,
26. sich entgegen § 16 Abs. 3 außerhalb der festgelegten Nutzungszeiten in den Grün- und Erholungsanlagen Pomologie oder Volkspark aufhält,



Stadtrecht der Stadt Reutlingen Az.: 120-11	Polizeiliche Umweltschutz-Verordnung	SR 1.10	Stand: 03/2006
---------------------------------------------------	--------------------------------------	------------	-------------------

27. entgegen § 17 Abs. 1 als Verpflichteter festgestellten Rattenbefall nicht unverzüglich der Ortspolizeibehörde anzeigt, eine Rattenbekämpfung nicht unverzüglich durchführt oder die Bekämpfungsmaßnahmen nicht so lange wiederholt, bis sämtliche Ratten vernichtet sind,
28. entgegen § 17 Abs. 2 Gift auslegt,
29. entgegen § 18 Abs. 1 als Hauseigentümer die Gebäude nicht mit den festgesetzten Hausnummern versieht,
30. entgegen § 18 Abs. 2 Satz 2 unleserliche Hausnummernschilder nicht unverzüglich erneuert oder Hausnummern nicht entsprechend § 18 Abs. 2 anbringt.
- (1) Abs. 1 gilt nicht, soweit eine Ausnahme nach § 19 zugelassen wurde.
- (2) Ordnungswidrigkeiten können nach § 18 Abs. 2 Polizeigesetz und § 17 Abs. 1 und 2 des Gesetzes über Ordnungswidrigkeiten mit einer Geldbuße geahndet werden.

## § 21 Inkrafttreten

- (1) Diese Polizeiverordnung tritt am 01.02.2002 in Kraft.
- (2) Gleichzeitig treten die früheren Polizeiverordnungen, die dieser Polizeiverordnung entsprechen oder widersprechen, außer Kraft.

Reutlingen, den 27.11.2001  
Ortspolizeibehörde

### Hinweis:

Die Polizeiverordnung ist in ihrer vorliegenden aktualisierten Fassung (Änderung der Polizeiverordnung vom 21.03.2006) seit dem 25.03.2006 in Kraft.

	<b>vom</b>	<b>Vorlage an das Reg.-Präs. gem. § 16 I PolG</b>	<b>Öffentliche Bekanntmachung im Reutlinger Amtsblatt am</b>	
PolVO	28.01.1988	03.03.1988	12.02.1988	Nr. 6
PolVO	22.11.2001	28.11.2001	11.01.2002	Nr. 2
PolVO	02.10.2003	15.10.2003	21.11.2003	Nr. 47
PolVO	21.03.2006	29.03.2006	24.03.2006	Nr. 12